



**I Curso de Especialização em Engenharia da Soldagem
Turma 2011 - CTA DEMEC-TC/UFPR**

ODAIR JOSÉ DIAS DO VALE

**REDUÇÃO DE PROBLEMAS DE QUALIDADE, CUSTOS E PARADAS DE
LINHA DE PRODUÇÃO RELACIONADA À SOLDA POR RESISTÊNCIA**

CURITIBA-PR

2013

ODAIR JOSÉ DIAS DO VALE

**REDUÇÃO DE PROBLEMAS DE QUALIDADE, CUSTOS E PARADAS DE LINHA DE
PRODUÇÃO RELACIONADA À SOLDADA POR RESISTÊNCIA**

Monografia apresentada para obtenção do título de Especialista em Solda do curso de Especialização de solda, Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. MEng. Hideraldo Luiz Osorio Branco

CURITIBA-PR

2013

TERMO DE APROVAÇÃO

ODAIR JOSÉ DIAS DO VALE

REDUÇÃO DE PROBLEMAS DE QUALIDADE, CUSTOS E PARADAS DE LINHA DE PRODUÇÃO RELACIONADA À SOLDA POR RESISTÊNCIA

Monografia aprovada como requisito parcial à obtenção de grau de Especialista em Engenharia da Soldagem, área de concentração Fabricação, no Curso de Especialização em Engenharia da Soldagem, Setor de Tecnologia da Universidade Federal do Paraná.


Banca Examinadora :



Prof. Dr. Hélio Padilha
UFPR



Prof. Dr. Ramon Sigifredo Cortés Paredes
UFPR



Prof. Dr. Paulo Cesar Okimoto
UFPR

Curitiba, 31 de Outubro de 2013

Dedico esta monografia a minha esposa e filhos, que por muitas vezes sentiram minha falta ao longo dos últimos dois anos, principalmente nos sábados letivos e a meus amigos que sempre de longe estavam torcendo ou de perto participando comigo.

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Orientador, que dispôs de seu tempo e paciência para ajudar na construção de um trabalho que visa o aprimoramento técnico dentro da área de Solda por Resistência.

Aos amigos e colegas, pela ajuda e pelo apoio com o meu sucesso em relação a esta jornada, em especial aos novos amigos conquistados dentro da empresa que trabalho atualmente e aqueles velhos companheiros que conquistei dentro da última empresa, que nos últimos 12 anos consegui conhecer e assim me aprimorar nos conhecimentos na área de manutenção industrial e de manutenção de equipamentos de solda por resistência.

Aos professores das disciplinas cursadas, por todo esforço e compreensão que nos deram em todos os períodos do curso.

A minha família, pela confiança e motivação, em especial a esposa e filhos, que não pude acompanhar em vários momentos importantes de suas vidas.

Aos colegas da especialização, pois juntos trilhamos e aprimoramos nossos conhecimentos em mais uma etapa importante de nossas vidas.

Aos profissionais consultados, pela concessão de informações e ajuda para realização deste estudo.

A todos que, com boa intenção, colaboraram e ainda irão colaborar para a realização deste trabalho que tem uma importante parte iniciada aqui e que pretende ter sua conclusão ao longo deste e do próximo ano.

“Só fazemos melhor aquilo que, repetidamente,
insistimos em melhorar. A busca da excelência
não deve ser um objetivo, e sim um hábito.”

Aristóteles

RESUMO

Este estudo de caso tem como objetivo principal, a criação de um novo padrão a ser utilizado, visando minimizar os efeitos indesejáveis na qualidade final da carroceria de automóveis de passeio, que hoje é uma exigência mundial no seguimento automobilístico, os custos relacionados aos consumíveis do processo de solda e a redução de paradas do processo produtivo, que a cada vez precisa ser mais eficiente. O trabalho esta focado em determinar parâmetros básicos para melhorar o processo de solda por resistência, aplicado em união de chapas utilizadas na construção de carrocerias de automóveis, além de diminuir a redução de paradas de linha de produção, ocasionadas principalmente por excesso de parâmetros que permitem maior desgaste dos equipamentos e maior consumo dos consumíveis do processo, reduzindo seu tempo de vida em serviço e o excesso de respingos de solda liberados no momento da solda, aqui chamados de “splash” de solda. A implantação de um procedimento para melhoria dos parâmetros de solda, permitirá de forma rápida e prática o ganho de qualidade e produtividade, reduzindo os indicadores de não rendimento operacional bem como uma possível redução dos custos atrelados ao processo, consumíveis, acessórios, equipamentos e energia elétrica. O trabalho está baseado em dados quantitativos, obtidos através de relatórios das paradas de produção para manutenção corretiva e o consumo dos eletrodos de solda. Esses dados foram obtidos através de relatórios de qualidade, programas de gestão de paradas para manutenção e de gestão de materiais. Dentro do estudo e proposta pode-se verificar que com esforços bem direcionados para um sistema de melhoramento contínuo, será possível atingir os objetivos planejados. Com isso busco concluir que um sistema de parametrização de solda, quando bem utilizado, poderá trazer benefícios significativos como aumento de qualidade com redução de custos e ganho de produtividade, além disso, conhecimentos quando bem aplicados dentro de metodologia correta contribuem enormemente no atingimento das metas propostas.

Palavras-Chave: Qualidade, solda por resistência, custos do processo, paradas de produção.

ABSTRACT

This case study has as main objective the creation of a new standard to be used in order to minimize undesirable effects on the final quality of the body of passenger cars , which is now a requirement in global automobile tracking , costs related to consumables welding process and reducing stoppages of the production process , which increasingly needs to be more efficient . The work is focused on determining basic parameters to improve the process of resistance welding , applied in union sheet metal used in the construction of automobile bodies , besides decreasing the reduction stops production line, mainly caused by too many parameters that allow increased wear of equipment and consumables increased consumption of the process, reducing their lifetime in service and excess weld spatter released at the time of welding , here called " splash " welding . The implementation of a procedure to improve the welding parameters , allow for quick and convenient way to gain quality and productivity , reducing the indicators of non operating income as well as a possible reduction of costs linked to the process , consumables , accessories , equipment and energy electric . The work is based on quantitative data obtained through reports of downtime for corrective maintenance and consumption of welding electrodes . These data were obtained from reports of quality management programs shutdowns for maintenance and materials management . Within the study and proposal can be seen that with well-directed efforts towards a system of continuous improvement will be possible to achieve the planned objectives . With that seek to conclude that a system of welding parameter , when properly used , can bring significant benefits such as increased quality with reduced costs and increased productivity , further knowledge when properly applied within the correct methodology greatly contribute in achieving the goals proposals .

Key-Words: Quality, resistance welding, process costs, production stops.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1	– O MERCADO DOS SERVIÇOS DE CONSULTORIA.....	19
FIGURA 2	– RESULTADO ÚLTIMOS DOZE MESES PRODUÇÃO 2013.....	20
FIGURA 3	– RESULTADO PIB ÚLTIMOS DOZE MESES.....	21
FIGURA 4	– MODELO GERAL DA ADMINISTRAÇÃO DA PRODUÇÃO.....	24
FIGURA 5	– SOLDAGEM A ARCO ELÉTRICO COM ELETRODO REVESTIDO.....	28
FIGURA 6	– SOLDAGEM A PONTO.....	30
FIGURA 7	– MAQUINA DE SOLDA TÍPICA.....	32
FIGURA 8	– CICLO DE SOLDAGEM.....	33
FIGURA 9	– PINÇA SUSPensa SIMPLES, PINÇA - POSTE.....	35
FIGURA 10	– PINÇA SERVO GUN AUTOMÁTICA	35
FIGURA 11	– ESQUEMA ELÉTRICO PINÇA DE SOLDA PONTO.....	36
FIGURA 12	– SOLDAGEM A PONTO.....	38
FIGURA 13	– CARACTERÍSTICA DOE ELETRODOS SEGUNDO RWMA.....	38
FIGURA 14	– FRESADORA ESTACIONÁRIA.....	40
FIGURA 15	– ARMÁRIO PARA SOLDA POR RESISTÊNCIA.....	42
FIGURA 16	– MEDIDOR DE CORRENTE.....	43
FIGURA 17	– MEDIDOR DE PRESSÃO.....	44
FIGURA 18	– TENDÊNCIAS DE DESENVOLVIMENTO DA SOLDA.....	46
FIGURA 19	– ESTÁGIOS DE TEMPO DE SOLDA POR RESISTÊNCIA.....	47
FIGURA 20	– TABELA DE PRINCIPAIS FALHAS DO PROCESSO DE SOLDA A PONTO.....	48
FIGURA 21	– FICHA DE PARÂMETROS DE SOLDA POR RESISTÊNCIA.....	57
FIGURA 22	– FICHA DE PARÂMETROS DE SOLDA POR RESISTÊNCIA (PROPOSTA).....	60
FIGURA 23	– CRONOGRAMA DE SUBSTITUIÇÃO DE PINÇAS DE ROBÔ.....	64

GRÁFICO 1 – RETRABALHOS LINHA DE PINTURA COMPLETO (RLIN PINTURA)...	55
GRÁFICO 2 – RETRABALHOS LINHA DE PINTURA PARCIAL (RLIN PINTURA).....	58
GRÁFICO 3 – GRÁFICO ÑRO.....	61
GRÁFICO 4 – FPPM.....	62
GRÁFICO 5 – CUSTO POR PINÇA MENSAL (R\$).....	66
GRÁFICO 6 – CUSTO POR CARROCERIA (R\$).....	66
TABELA 1 – TABELA ÑRO.....	62
TABELA 2 – FPPM.....	63
TABELA 3 – GANHO COM AJUSTES DE PARÂMETROS DE SOLDADA.....	69

LISTA DE ABREVIATURAS

ed.	– edição
f.	– folha
mm	– milímetro
p.	– página
v.	– volume
Prof.	– Professor
Dr.	– Doutor
MEng.	– Mestrado em engenharia
PR.	– Paraná
a.C.	– Antes de Cristo
I.A.C.S.	– International Annealed Copper Standard
HB	– Brinell Hardness
RLIN PINTURA	– Retrabalhos linha de pintura
ÑRO	– não rendimento operacional

LISTA DE SIGLAS

PIB	– Produto Interno Bruto
IBGE	– Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ANFAVEA	– Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores - Brasil
RWMA	– Resistance Welding Manufacturing Alliance
SCR	– Silicon Controlled Rectifier

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
1.1 TEMA DO TRABALHO	15
1.1.1 Delimitação do tema.....	15
1.2 PROBLEMA DE PESQUISA	15
1.2.1 Hipótese	16
1.3 OBJETIVOS	16
1.3.1 Objetivo Geral	16
1.3.2 Objetivos Específicos	16
1.4 JUSTIFICATIVA	17
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	18
2.1 PROCESSO DE PRODUÇÃO.....	19
2.1.1 Melhorias dentro do processo de Produção.....	23
2.2.2.1 Melhoramento.....	25
2.2 PROCESSO DE SOLDA	26
2.2.1 Histórico da solda	27
2.2.2 Processo de solda por resistência.....	29
2.2.2.1 Solda a Ponto	31
2.2.2.2 Pinça de solda	34
2.2.2.3 Transformador	36
2.2.2.4 Consumíveis	37
2.2.2.5 Controlador de Solda.....	40
2.2.2.6 Parâmetros	42
2.2.2.7 Defeitos de soldagem.....	47
2.3 BENCHMARKING	49
3 METODOLOGIA	51
3.1 TIPO DE PESQUISA.....	51
3.2 ESTRATÉGIA DE ANÁLISE	52
3.3 DEFINIÇÃO DO MODELO DE DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA.....	53
4 ANÁLISE E APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS	54
4.1 ANÁLISE DOS DEFEITOS NO SETOR DE PINTURA POR INCIDÊNCIA DE SPLASH	54
4.2 ANÁLISE DAS PARADAS TÉCNICAS PARA MANUTENÇÃO CORRETIVA....	61
4.3 ANÁLISE NO CONSUMO ELETRODOS DE SOLDA	65

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	70
-------------------------------------	-----------

1 INTRODUÇÃO

A busca constante pelo aumento do volume de produção e melhoria da qualidade permite aos profissionais da área Industrial, vivenciar grandes experiências e oportunidades de desenvolvimento dentro das empresas, bem como nos diversos campos de atuação da Engenharia de Soldagem.

Dessa forma, cabe ampla utilização de conceitos de desempenho no âmbito industrial, como exemplo a melhoria contínua, onde se procura conhecer cada um dos problemas, independente da sua dimensão e através do potencial dos profissionais descobrirem a melhor solução aplicável, tendo como resultado final o ganho de qualidade e o aumento do volume de produção com redução dos custos finais de produção.

Através da experiência de mais de 15 anos dentro das linhas de montagem em indústrias automotivas e dos conceitos adquiridos em sala de aula durante o período da especialização, identificou-se uma oportunidade e a necessidade de melhoria no rendimento operacional de uma linha robotizada, para a execução de solda por resistência, em especial no processo de solda ponto, onde é notável um excesso de parâmetros de solda para se garantir a resistência dos pontos de solda das carrocerias de veículos de passeio e utilitários. Tem-se como causa de paradas, acima do padrão estabelecido pela empresa, tomando como base o rendimento operacional mínimo da linha de produção de 97,4%, isso para quando for afetado apenas por problemas relacionados à manutenção, pois o sistema de solda, em função principalmente do excesso de parâmetros, geram um excesso de respingos de solda, também conhecido como “splash”, que por ventura, aderem ao produto final e aos equipamentos associados ao processo, robôs para solda, pinças de solda, fresadoras de eletrodos e mesas de movimentação de carrocerias.

Assim, com vistas no processo de melhoria a ser apresentado, busca-se através da alteração da forma de gerenciar o controle dos parâmetros de solda, baseado na estratificação dos dados, para se conseguir um gerenciamento mais confiável e eficaz em longo prazo, a fim de reduzir ou eliminar os problemas de

qualidade, as manutenções corretivas, preventivas e preditivas e a busca de uma possível redução no consumo eletrodos de solda e demais peças aplicadas nos equipamentos do processo de solda.

1.1 TEMA DO TRABALHO

Redução de problemas de Qualidade, custos e paradas de linha de produção relacionados à solda por resistência.

1.1.1 Delimitação do tema

Melhoria de qualidade dos pontos de solda, sem perda de qualidade de resistência e redução das paradas de processo produtivo que estão relacionados à maneira como se ajusta e controla os parâmetros de solda por resistência: Estudo de caso na linha de carrocerias de uma indústria automotiva da região Metropolitana de Curitiba-PR. O nome e modelos dos veículos da empresa não serão divulgados por questões de política de sigilosidade da própria empresa.

1.2 PROBLEMA DE PESQUISA

Identificação dos fatores relacionados a não qualidade e das paradas de linha de produção e conseqüentemente, redução da produtividade, além do aparente consumo de energia elétrica e do consumo de eletrodos do processo (consumíveis de solda) e peças de reposição dos equipamentos para aplicação da solda e dos entornos, fresadoras, robôs e mesas transportadoras.

1.2.1 Hipótese

Atualmente os excessos de parâmetros de solda aparentam ser o maior causador dos respingos, que por sua vez diminuem a qualidade final de acabamento da carroceria e redução da produtividade em função dos constantes retrabalhos e do tempo de soldagem na área robotizadas da fábrica de automóveis em questão, onde se realiza o estudo. Sendo assim, este estudo busca atingir um ganho considerável na produtividade e redução dos custos, alterando a forma com que se tratam os controles de parâmetros de solda associados ao processo.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo Geral

Elaborar uma forma de melhor controle dos dados de parâmetros de solda, para obter um aumento na qualidade e da produtividade e como consequência, os splashes de solda indesejadas na produção pelos equipamento em análise.

1.3.2 Objetivos Específicos

- a) Avaliar os problemas de qualidade, através de relatórios de qualidade;
- b) Descrever os problemas mais significativos relacionados à perda de produtividade;
- c) Efetuar o levantamento de consumo de eletrodos durante o processo produtivo;

d) Desenvolver uma solução prática que facilite os ajustes de parâmetros, garantindo uma qualidade mínima que não afete a segurança exigida do produto para os clientes finais;

e) Comparar os resultados iniciais obtidos, tanto da forma como são tratados os dados, bem como o retorno das alterações após a implantação;

1.4 JUSTIFICATIVA

Essa pesquisa tem como objetivo, buscar o aumento de qualidade e produtividade, ampliando o volume de carrocerias produzidas com maior nível de qualidade e a redução dos consumíveis.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

No contexto da revolução industrial a partir do século dezoito, como descreve Rioux (1975, p.1), “Pela primeira vez na história, o poder humano de produção é liberado; as economias podem então fornecer, multiplicando sem cessar, até nossos dias, os bens e os serviços postos a disposição dos homens sempre mais numerosos.”.

Neste sentido, o estudo parte dos modelos de produção, aos quais hoje em dia, são muito exigidos devido a crescente e cada vez mais exigente demanda global, como menciona Rioux (1975, p.1) “Pouco a pouco, todos os setores da vida são atingidos e transformados: trabalho cotidiano, mentalidade, cultura.”, sendo assim os modelos industriais devem ser rápidos e cada vez mais eficientes, não permitindo erros ou falhas.

Para tanto esse estudo irá buscar em seu desenvolvimento uma solução técnica, pois segundo Rioux (1975, p.3) “...a revolução industrial é antes de tudo uma revolução técnica.”, sendo assim essa pesquisa busca solucionar um problema de qualidade e paradas de processo em um determinado ponto na linha de carrocerias da indústria automotiva estudando aspectos relacionados à:

- a) Processos de produção;
- b) Sistema de Solda por resistência (splash, Parâmetros, etc...);
- c) Benchmarking;

A seguir será apresentado em detalhes cada um dos aspectos acima e que de uma forma ou de outra auxiliarão para o estudo de caso.

2.1 PROCESSO DE PRODUÇÃO

Pode-se perceber através de Rioux (1975, p.3) “a continuidade entre a revolução industrial inglesa do século XVIII e o progresso técnico do início do século XX, são evidentes.”, que a produção desde muito tempo atrás e que se amplia nos dias de hoje. é alvo de pesquisa e análise Slack, Chambers e Johnston (2002, p.17) citam que “empresas estão gastando cada vez mais dinheiro no aprimoramento de sua produção.”. Normalmente isso é verificado dentro das pesquisas de investimentos empresariais. Na figura 1, percebe-se que, que a área de gestão de operações e processo tem uma maior aplicação de recursos.

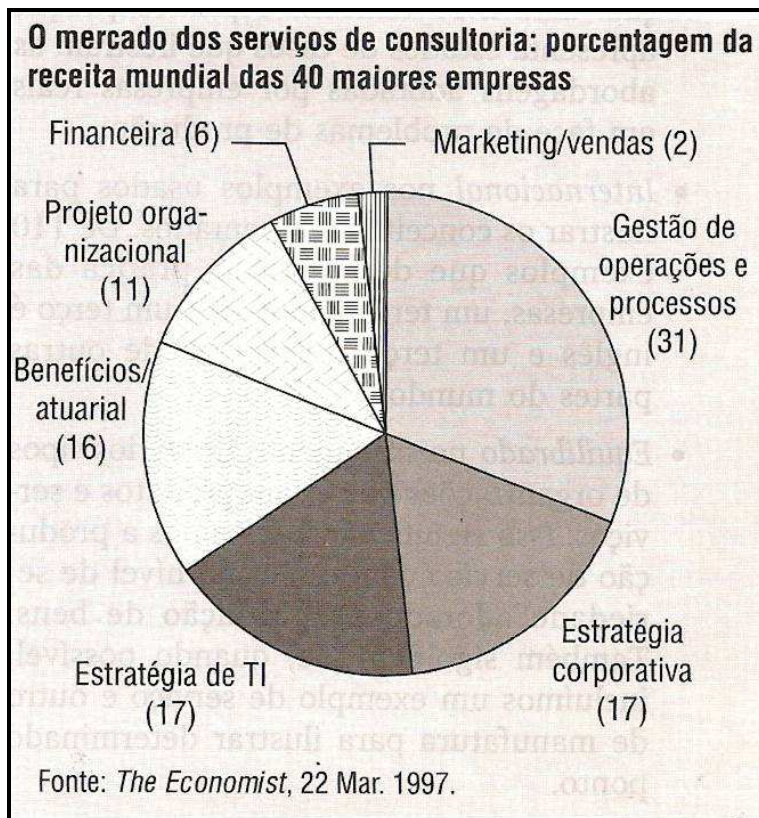


FIGURA 1 – O MERCADO DOS SERVIÇOS DE CONSULTORIA
FONTE: THE ECONOMIST (1997)

Os clientes e o mercado mundial foram e sempre serão as peças fundamentais como menciona Araújo (2001, p.184) “As empresas, agora, necessitam da aprovação de seus clientes, a fim de permanecerem ‘vivas’ no mercado”, pois a busca pelo conforto, está levando a um crescimento do consumo sem precedentes, onde os melhoramentos são fundamentais Slack, Chambers e Johnston (2002, p.587) dizem que “Mesmo a melhor das operações produtivas precisará melhorar, porque os concorrentes também estão fazendo melhoramentos.”, pensando nisto, a cada dia, inovar e buscar a melhor forma para atingir as necessidades e expectativas desses consumidores, que além do lucro é o principal motivo de ser e estar da maioria das empresas.

Comparando as Cartas da ANFAVEA, Associação Nacional dos fabricantes de veículos Automotores - Brasil, pode-se verificar na figura 2 o crescimento em um ano da produção nacional das indústrias automotivas.

Autoveículos			
Produção		Licenciamento	
	Unidades	Renavam / Denatran	Unidades
Maio 13	348,1 mil	Maio 13	316,2 mil
Abril 13	347,1 mil	Abril 13	333,7 mil
Maio 13 / Abril 13	+ 0,3%	Maio 13 / Abril 13	- 5,2%
Maio 12	285,8 mil	Maio 12	287,5 mil
Maio 13 / Maio 12	+ 21,8%	Maio 13 / Maio 12	+ 10,0%
Janeiro-Maio 13	1,54 milhão	Janeiro-Maio 13	1,48 milhão
Janeiro-Maio 12	1,29 milhão	Janeiro-Maio 12	1,36 milhão
Jan-Mai 13 / Jan-Mai 12	+ 18,6%	Jan-Mai 13 / Jan-Mai 12	+ 8,6%
Últimos 12 meses		Últimos 12 meses	
Junho 12 - Maio 13 (A)	3,63 milhões	Junho 12 - Maio 13 (A)	3,92 milhões
Junho 11 - Maio 12 (B)	3,29 milhões	Junho 11 - Maio 12 (B)	3,56 milhões
Variação % (A / B)	+ 10,2%	Variação % (A / B)	+ 10,0%

FIGURA 2 – RESULTADO ÚLTIMOS DOZE MESES PRODUÇÃO 2013
FONTE: CARTA ANFAVEA (JUN. 2013)

Os valores de produção entre 2012 e 2013, aumentaram 10,2%, saindo de 3,27 milhões (Junho 2011 - Maio 2012) para 3,63 milhões de veículos produzidos, um crescimento muito bom ao longo de apenas um ano, por outro lado, neste mesmo período, o Produto Interno Bruto (PIB) do Brasil, ficou em 1,2%, conforme dados do

IBGE, figura 3, isso mostra que mesmo com um avanço um tanto quanto modesto no PIB, o Brasil é um mercado promissor para a Indústria Automotiva, daí a importância em se manter a qualidade e as reduções de custo atreladas as pequenas melhorias de processo.



FIGURA 3 – RESULTADO PIB ÚLTIMOS DOZE MESES

FONTE: IBGE (JUN. 2013)

Passado um século, desde o início dos sistemas de produção em formato de linha de montagem, um ícone em especial na indústria, Henry Ford, protagonizou o processo de produção em massa nas indústrias de uma forma geral, e que é citado até os dias de hoje.

O ano de 1913 presenciou a introdução de uma das maiores inovações tecnológicas da era da máquina – a linha de montagem em movimento para fabricação de automóveis Ford (Diz-se que Ford teve a idéia da linha de montagem ao observar o uso que um fabricante de relógios suíço fazia da tecnologia). Casualmente todos os Ford modelo T foram pintados de preto. Por que? Porque a tinta preta era a que secava mais rapidamente. (DAVIS; AQUILANO; CHASE, 2001, p.35).

Através do contexto acima, verifica-se que Ford iniciou um processo de fabricação em massa, utilizando os recursos da época, pintava-se os automóveis em uma única cor, ele ganhou em volume produzido pelo tempo de cura da tinta, e pela ausência de diversidades, assim não era necessário se preocupar em separar materiais de diferentes cores para diferentes configurações de automóveis, apenas o preto.

Dentro do que descreve Davis, Aquilano e Chase (2001 p.35) a produção em massa é aplicada para toda a produção em larga escala, através de linhas de montagem. Como vimos acima, o método foi popularizado por Ford no início do século XX e se mantém até os dias atuais.

A Produção em massa faz uso intensivo de capital, humano e de equipamentos, nas Indústrias Automotivas, o investimento ano após anos, tende a utilizar menos o capital humano aplicado direto no processo produtivo, pois imperam atualmente os dispositivos e Equipamentos automatizados, onde se enquadram os Robôs, a mão de obra está sendo substituída cada vez mais, por processos automáticos. Shingo (1996, p.92) diz que “À medida que a mecanização aumentava... o esforço do homem foi transferido em grande parte para a máquina.”.

Os processos utilizados atualmente geram maior índice de produtividade e alcançam grandes valores de qualidade, e com a crescente demanda por volume e qualidade, só resta às empresas ampliarem e investirem nas Indústrias para se manterem ativas no mercado, exemplo visto pela empresa Renault na Carta Mensal publicada em junho de 2013 pela ANFAVEA.

A Renault do Brasil inaugurou nova fábrica em São José dos Pinhais, PR, concluindo mais uma etapa de seu plano de crescimento no Brasil. A conclusão desse projeto, que resulta de investimentos de R\$ 500 milhões, integra plano total de R\$ 1,5 bilhão de aporte para o período de 2010-2015. (CARTA ANFAVEA, Jun. 2013, p.1).

O investimento é a melhor forma de crescer e de se desvincular a possibilidade de falhas humanas aumentando a confiabilidade. Shingo (1996, p.92) descreve que “Com o tempo, a confiabilidade das máquinas foi aumentando, e, hoje, mecanismos completamente automatizados podem detectar e corrigir problemas sozinhos.”, mas em contrapartida a mão de obra está se especializando pra melhorar os processos existentes, além é claro de realizar a assistência e manutenção a esses equipamentos. Hoje o grande esforço humano se volta para pensar e trazer as mais variadas soluções para atender a grande demanda da eficiência (SHINGO, 1996, p.92 – 93).

2.1.1 Melhorias dentro do processo de Produção

A grande maioria das operações produtivas, por melhores que sejam necessitam de melhorias, em função principalmente da concorrência, que certamente estão pensando nas falhas dos seus processos e busca corrigi-los, Slack, Chambers e Johnston (2002, p.598) apresentam que “a maioria das operações está preparada a fim de tolerar níveis de desempenho que estão na mesma faixa de seus concorrentes (mesmo que no extremo inferior de classificação) para fatores competitivos não importantes”, exigido assim que as melhorias para aumentar o desempenho produtivo das empresas, necessita se realizado de forma continua, visando o crescimento da organização e maior permanência no mercado.

Mesmo quando uma operação produtiva é projetada e suas atividades planejadas e controladas, a tarefa do gerente de produção não está acabada. Todas as operações, não importam quão bem gerenciadas sejam, podem ser melhoradas. (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2002, p. 587 – 589).

Na Administração da produção cabem as equipes de trabalho organizar e buscar a melhor forma para obter os bens e serviços. Cabe a eles também, conhecer seu ambiente de trabalho, dificuldades e pontos de melhorias para se atingir os objetivos e metas. O assunto da administração da produção é tratado por Slack, Chambers e Johnston (2002, p.589), esses criaram um modelo de fácil explicação (figura 4), onde estão descritas as entradas e as saídas, e dentro do contexto, as fases que irão diferenciar o sucesso, se alguns pontos não forem observados.

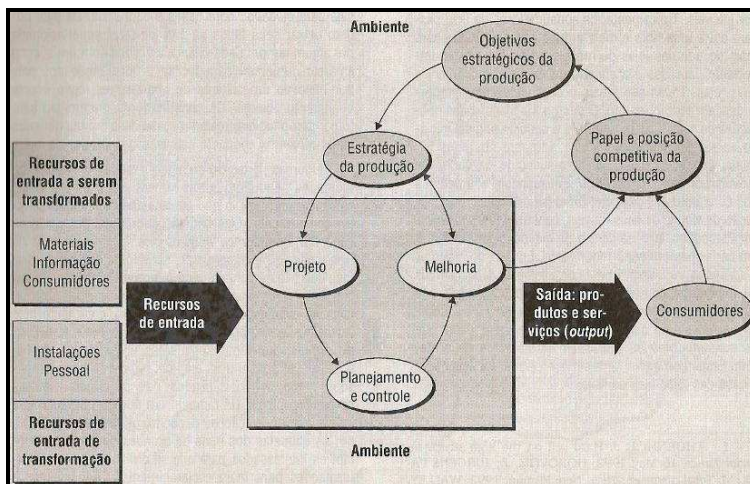


FIGURA 4 – MODELO GERAL DA ADMINISTRAÇÃO DA PRODUÇÃO
FONTE: SLACK, CHAMBERS E JOHNSTON (2002)

Ainda no modelo geral da administração da produção citada por Slack, Chambers e Johnston (2002, p.589) recursos humanos, são os meios para se atingir um bem tangível, que irá chegar às mãos do cliente ou consumidor final e que por sua vez, irá opinar referente à qualidade dos produtos, cabendo às empresas gerir estas opiniões e traçar os melhores planos para a melhoria da qualidade.

2.2.2.1 Melhoria

Após identificar os pontos de melhoria, é necessário traçar estratégias a ser utilizada nesse processo. Têm-se estratégias com filosofias diferentes e com medidas opostas, chamadas de melhoria revolucionário e melhoria contínuo conforme definido por Slack, Chambers e Johnston (2002, p.589).

a) Melhoria revolucionário: estas são as grandes alterações a custos elevados, novas máquinas, nova tecnologia. Os impactos são repentinos no caixa da empresa e os resultados, na maioria das vezes, não são visíveis em curto prazo, devido a grande mudança na empresa e no alto custo.

O melhoria revolucionário (ou melhoria baseado em “inovação”, como algumas vezes é chamado) presume que o principal veículo para melhoria é uma mudança grande e dramática na forma como a operação trabalha. (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2002, p.601 – 602).

b) Melhoria contínuo: pequenas ações realizadas, que quando somadas, resultam em grandes melhorias. Mais importante nesta estratégia é que elas sejam executadas e registradas em um determinado tempo conforme estipulado ou conforme demandas de melhorias.

Melhoria contínuo, como o nome indica, adota uma abordagem de melhoria de desempenho que presume mais e menores passos de melhoria incremental. Por exemplo, modificar a forma com que um produto é fixo a uma máquina, para reduzir o tempo de mudança... (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON; 2002, p. 601 – 602).

O melhoria revolucionário necessita de planejamento e implica normalmente em investimentos, não regula ou se importa no custo das mudanças, em outras palavras, compra a ideia e aguarda o retorno ao seu tempo, em contra partida, o

melhoramento contínuo é baseado no trabalho de investigação dos pequenos processos e como estes podem ser melhorados gradativamente para se atingir o todo (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2002, p.601 – 602).

2.2 *PROCESSO DE SOLDA*

Dentro dos processos produtivos, um dos que se destacam por sua ampla aplicação é a solda. Sua utilização de certa forma é simples e tem na maioria dos casos custo reduzido. Basicamente o processo de solda, trata da união de materiais metálicos e não metálicos, onde se utilizando de energia elétrica, equipamentos e consumíveis apropriados.

“Soldagem é o processo de união de materiais usado para obter a coalescência (união) localizada de metais e não metais, produzida por aquecimento até uma temperatura adequada, com ou sem a utilização de pressão e/ou material de adição (American Welding Society - AWS)” (ESAB, 2005, P.3).

Os processos de solda, de uma forma geral, são aplicados largamente nos dias atuais em vários ramos da Indústria (automobilística, naval, construção metal-mecânica, civil, etc.), as aplicações mais comuns são a união de peças similares ou não, é um processo relativamente barato quando comparado com processo de usinagens por exemplo.

O Processo também é aplicada na áreas de manutenção e ferramentaria, onde se busca recuperar equipamentos ou ferramentas que sofrem desgaste ou ruptura em função do tempo de uso ou falhas estruturais de projetos. O processo de solda não constitui como principal objetivo de construção estrutural dentro de um projeto, ele tem a finalidade da união entre peças ou componentes, por isso dentro de um processo de juntas soldadas, também se faz necessário preocupar-se com os procedimentos e com os soldadores, bem como com os processos específicos de controle das juntas soldadas, em função dos processos e das aplicações (RIBEIRO, 2000, P.11).

O processo de soldagem, como dito anteriormente, é aparentemente simples, mas ainda é objeto de vários estudos dentro das empresas e de centros de tecnologia, pois em um mercado globalizado, onde se busca cada vez mais um aumento da vida útil de peças e componentes, o processo de solda, quando bem executado, pode gerar rendimento excepcional quando comparado com outros processos ou peças originais, que vieram a receber o processo de solda após o seu uso, “Engenharia de Soldagem é, na verdade, um somatório de conhecimentos que engloba as áreas de Engenharia Elétrica, Estrutural, Mecânica, Metalúrgica, Química e também Física Aplicada” (RIBEIRO, 2000, P.11).

A ideia principal é buscar dentro dos estudos da Engenharia de Soldagem, atingir através dos conhecimentos teóricos e práticos, a aplicação de todos os recursos, no caso deste trabalho, atingirem uma melhoria e se possível um retorno também financeiro, pois uma aplicação errada ou mal aplicada, pode também trazer muitos prejuízos.

2.2.1 Histórico da solda

Dados de cerca de 3000 a.C., a solda já era aplicada dentro de um processo de brasagem, onde metais eram unidos com ligas de cobre e Ouro, com a aplicação restringidas, em função das fontes de energia estarem restringidas ao carvão vegetal ou o carvão mineral, ao longo dos séculos e com a descoberta da energia elétrica, a soldagem teve seu impulso no final do século XIX.

Inicialmente o primeiro processo patenteado utilizando a energia elétrica, foi descoberto por Wilde, em 1865 ele conseguiu unir duas peças de ferro fundido ao atravessar por elas uma corrente elétrica, processo similar com a solda por resistência que conhecemos atualmente. Alguns anos mais tarde Bernardos e Oscar Olszewsky com um eletrodo de Grafita, conseguiram estabilizar o arco elétrico com o eletrodo a cerca de 2 mm de distância do material de base, assim era possível de forma manual, realizar o enchimento com varetas para se concretizar a soldagem.

Após muitas experiências com a novidade tecnológica da época, um inglês chamado Wilde obteve a primeira patente de soldagem por arco elétrico em 1865. Ele uniu com sucesso duas pequenas peças de ferro passando uma corrente elétrica através de ambas as peças e produzindo uma solda por fusão. Aproximadamente vinte anos depois, na Inglaterra, Nikolas Bernardos e Stanislav Olszewsky registraram a primeira patente de um processo de soldagem, baseado em um arco elétrico estabelecido entre um eletrodo de carvão e a peça a ser soldada (ESAB; 2005, p.1).

Ainda na mesma década, Zerner em 1889, conseguiu desenvolver com dois eletrodos de Grafita, fundir o material de base a partir do arco elétrico, assim na região da junta da solda, era gerado um campo magnético de alta intensidade, que era defletido e ocasionava a fusão dos materiais da junta (RIBEIRO, 2000, P12).

O Processo mais conhecido atualmente dentro da soldagem, ainda é o processo por eletrodo revestido, Figura 5, esse teve seu primeiro modelo utilizado em 1904, quando um Engenheiro Sueco, necessitava melhorar os reparos de manutenção em navios, e obteve sucesso ao revestir o eletrodo com uma camada de material argiloso (cal - óxido de cálcio), cuja função era a de poder estabilizar o arco elétrico durante e após a sua ignição (RIBEIRO, 2000, P2).

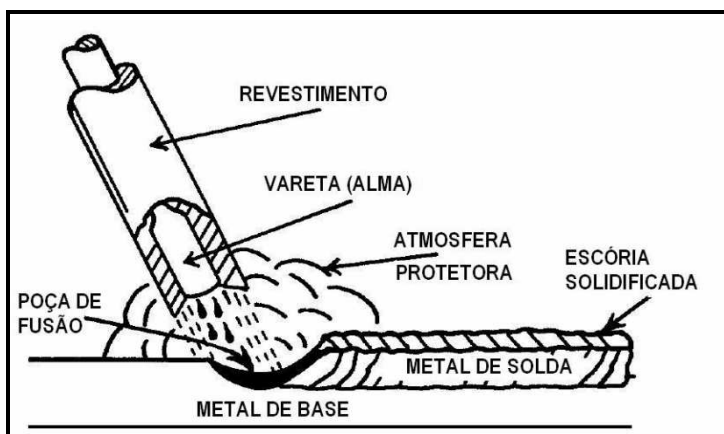


FIGURA 5 – SOLDAGEM A ARCO ELÉTRICO COM ELETRODO REVESTIDO
 FONTE: ESAB, APOSTILA ELETRODOS REVESTIDOS (2005)

O Período compreendido, entre final do século XIX e início do século XX, foi onde a solda, pode-se dizer assim, teve seu marco zero, pois a partir deste período, deu-se início a uma revolução que chega até os dias atuais

Em termos práticos, pode-se considerar que os quase 20 anos compreendidos entre 1885 e 1901 constituíram a primeira fase áurea da Engenharia de Soldagem, uma vez que grande parte do desenvolvimento que levaria aos métodos de soldagem empregados atualmente teve origem naquele período. (ESAB; 2005, p.1).

Depois dessa fase, ainda ocorreu de 1926 até 1950, várias descobertas sobre processos que são aplicados até os dias atuais, porém a partir de 1950, com a descoberta de várias tecnologias, a Engenharia de Soldagem teve um grande impulso, o que permitiu o desenvolvimento de novas técnicas, mais sofisticadas e com aplicações mais específicas.

Apesar do grande número de processos e métodos existentes, será necessário ao longo das descobertas de novas técnicas, cada vez mais precisas e perfeitas, sejam requisitadas para a construção de estruturas cada vez mais complexas.

2.2.2 Processo de solda por resistência

Dentro da Engenharia de soldagem, um processo que tem tido destaque, em função de sua ampla aplicação no seguimento automobilístico, é a solda por resistência, como apresentado na figura 6, onde os materiais a serem soldados (chapas), têm cada vez espessuras mais finas, a fim de proporcionar menor custo e menor peso e também tem a função estrutural, onde se busca obter maiores deformações para garantir um amortecimento mais lento e prolongado em casos de colisões, mantendo assim os ocupantes dos veículos mais seguros.

A soldagem a ponto por resistência (RSW – Resistance Spot Welding) é um dos processos de fabricação mais utilizados na indústria automobilística. A solda a ponto é um processo para soldar chapas finas, de alta confiabilidade, muito rápido de ser executado, sem adição de metal e não necessita alto grau de experiência do operador. (REVISTA CIÊNCIAS EXATAS; 2010, V. 16).

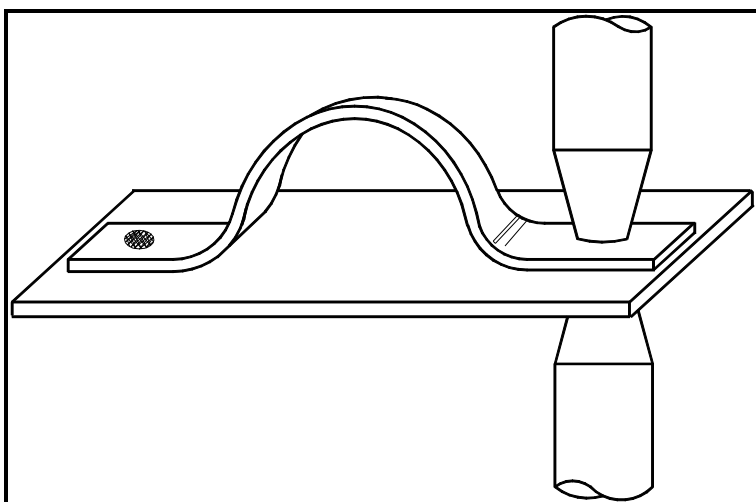


FIGURA 6 – SOLDAGEM A PONTO

FONTE: ADIS, SOLDA POR RESISTÊNCIA A PONTO (2004)

A soldagem por resistência elétrica como descrito acima, foi aplicado pela primeira vez em 1965 (ESAB; 2005, p.1), de lá para cá, também teve sua evolução e hoje é o principal processo de união de chapas finas sem material de adição, basicamente é um processo de união eletromecânico, para unir duas ou mais peças metálicas, para tanto se mantém sob pressão a junta por onde na sequência se submete passagem de corrente elétrica através do metal sob pressão. A energia elétrica por sua vez, ao passar por este ponto ou área, gera calor em função da resistência a sua passagem pela junta dos metais, semelhante a um curto circuito, esse calor por sua vez aquece as chapas a ponto de fundi-las e que sobre pressão e por um determinado período de tempo controlado e depois interrompido, acabam se unindo ao solidificar, formando assim um botão de solda (BARROSO, 2004, p.4).

A soldagem a ponto por resistência elétrica, têm seus maiores clientes as Indústrias Automotivas, pois se trata de um processo ideal para soldar chapas finas, onde as espessuras não ultrapassam 3 mm e na maioria dos casos não ultrapassam 1 mm, o custo estimado de um ponto de solda é de 5 centavos de dólar, já incluso os equipamentos e os consumíveis, e é um dos mais baixos também, "...o custo para montagem de uma carroceria de um automóvel é cerca de \$150 a \$200 por automóvel, o que é considerado razoável, considerando o custo total de produção de um veículo." (MZ Usinagem, p.3).

O processo de solda por resistência ainda se divide em 4 principais tipos:

- a) Solda a Ponto;
- b) Solda por projeção;
- c) Solda por costura;
- d) Solda a Topo;

Para o estudo proposto, será descrito a seguir apenas tratando sobre solda a ponto e suas variáveis de processo, as pinças de solda para robôs, o gerador de corrente ou transformador, os consumíveis do processo, a forma de controle dos principais parâmetros através de seu controlador de solda, parâmetros do processo, e defeitos.

2.2.2.1 Solda a Ponto

No processo de soldagem a ponto por resistência elétrica, as chapas são sobrepostas uma sobre as outras, normalmente nas Indústrias Automotivas, utilizam-se dispositivos auxiliares de fixação ou dispositivos de geometria, onde várias chapas são posicionadas e fixadas por cilindros ou grampos pneumáticos, formando subconjuntos e buscando assim um pré assentamento entre elas, logo em seguida, estas chapas são

pressionadas por eletrodos de solda não consumíveis, que estão presos às pinças de solda (fig. 7), movimentadas por forças mecânicas, pneumáticas, hidráulicas ou elétricas. A partir desse ponto, um pulso elétrico de baixa tensão e alta corrente é acionado a partir de um transformador, a resistência das chapas a passagem de corrente ocasiona uma quantidade de calor nas superfícies de contatos entre as chapas, em função do tempo, da intensidade de calor e da resistência elétrica, por efeito Joule ($Q = I^2.R.t$), estas chapas atingem o ponto de fusão dos materiais e se unem, formando uma região chamada de Lente de Solda (MZ Usinagem, p.3).

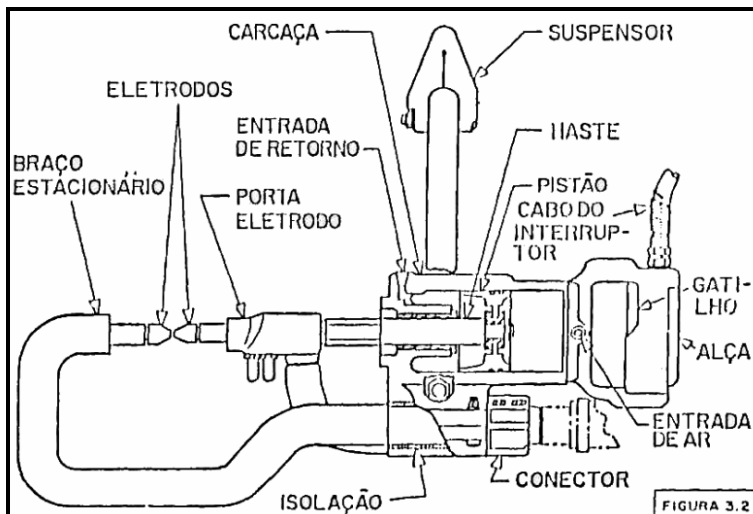


FIGURA 7 – MAQUINA DE SOLDA TÍPICA
 FONTE: BAM SOLDAS, APOSTILA DE SOLDA (2011)

Neste processo de união, são realizados apenas um ponto de solda para cada contato entre eletrodos e chapas. Na figura 8, é possível verificar os momentos desde a união das chapas até a conclusão do ponto de solda.

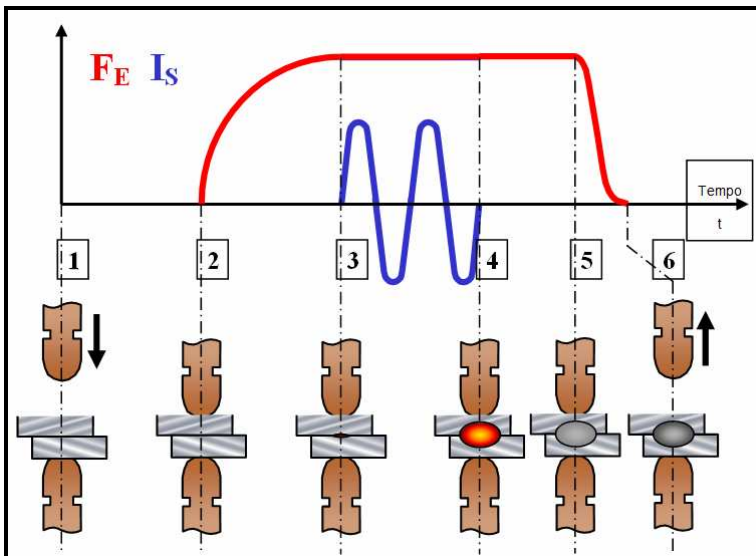


FIGURA 8 – CICLO DE SOLDAGEM
 FONTE: BRANCO (2004)

A partir do fechamento dos eletrodos sobre as chapas, decorre um tempo, chamado de tempo de pré-pressão ou acostagem, este vai gerar uma curva típica, dependendo do tipo de acionamento da pinça, podendo ser mais lento ou mais rápido, após atingir a pressão de solda definida, o transformador de solda envia uma determinada corrente elétrica, que por um determinado tempo, irá gerar uma quantidade de calor suficiente para realizar a fusão dos materiais, neste momento é cessado a corrente elétrica, porém para permitir a união das chapas, a pressão de fechamento se mantém até a realização do resfriamento abaixo da temperatura de fusão que permita a união sem que ocorra o deslocamento entre as chapas e por fim neste momento é realizado a abertura dos eletrodos e o ponto está concluído, essa variação de tempo pode ser de menos de 1 segundo a mais de 5 segundos, dependendo das espessuras das chapas, quantidades de chapas e dos parâmetros de soldagem.

2.2.2.2 Pinça de solda

O equipamento para a aplicação da solda é chamado de pinça de solda, Alicate de Solda ou tesoura de solda, isso muda um pouco em relação à região ou denominação dos fabricantes durante a tradução para nossa língua portuguesa.

O equipamento de solda a ponto, possui basicamente três elementos básicos, sendo um circuito elétrico, onde fica o transformador, a unidade de controle de parâmetros do processo e o sistema mecânico que fará a junção dos materiais a serem soldados (BARROSO, 2004, p.7).

Nas últimas décadas, como em muitas áreas, os fabricantes de máquinas e equipamentos, tem buscado incorporar dentro do equipamento de solda o transformador, pois por muitos anos os equipamentos de solda por resistência, possuíam suas fontes de Corrente de Solda (transformadores) de forma suspensa como pode ser visto na figura 9, porém este tipo de equipamento necessita de um cabo com condutor duplo flexível, refrigerado a água (bipolar), para transmissão das correntes de solda de altas potências. Em função da distância transformador até o ponto de solda, estes cabos de baixa reatância, possuem dimensões grandes, isso acaba gerando um desconforto relacionado à ergonomia para os operadores, além de um consumo excessivo de cabos.(BAM SOLDAS, p.47).



FIGURA 9 – PINÇA SUSPensa SIMPLES, PINÇA - POSTE
FONTE: SIGEL (2013)

As pinças de solda acabaram evoluindo para utilização com transformadores acoplados as pinças (FIG. 10), sejam elas manuais ou automáticas, a grande vantagem destas construções, é que a distância entre o transformador e o ponto onde será realizado a solda, é de poucos milímetros, com isso, é possível se obter melhores rendimentos e condutores relativamente pequenos, rígidos ou flexíveis, que geram menos calor e não necessitam ser trocados com frequência como é o caso dos cabos bipolares, figura 10,

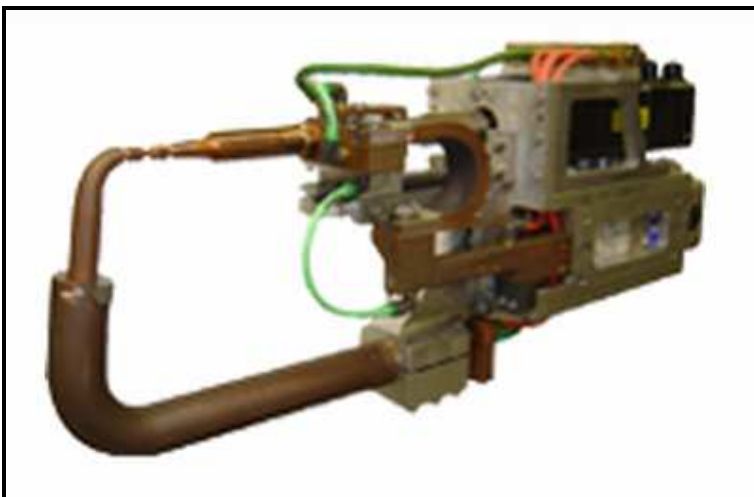


FIGURA 10 – PINÇA SERVO GUN AUTOMÁTICA
FONTE: ARO (2013)

Com este tipo de equipamento, o transformador de soldagem é diretamente acoplado ao corpo da pinça. O resultado final é uma maior eficiência de energia e a eliminação dos incômodos cabos de soldagem.

2.2.2.3 Transformador

Para a realização da solda a ponto, se faz necessário o uso de um transformador de solda, o qual irá receber no primário correntes de alta voltagem e baixa amperagem, a figura 11 ilustra a relação das características, poderem estes valores eram depender do trabalho a ser executado. Pelo circuito secundário, saem as correntes efetivas de solda, ainda na figura é possível verificar o esquema básico de ligação, onde se executa um pulso de comando, esse por sua vez libera a tensão para o primário do transformador, que irá aumentar a corrente e baixar a tensão, a ponto de gerar pelos eletrodos de soldagem, o ponto de solda.

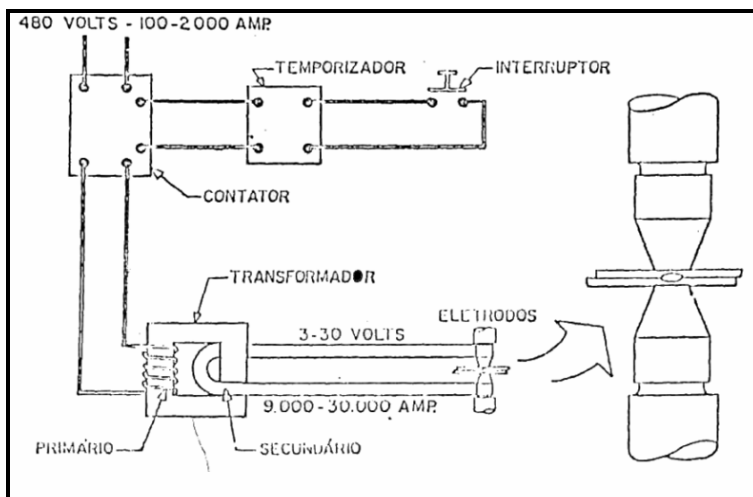


FIGURA 11 – ESQUEMA ELÉTRICO PINÇA DE SOLDA PONTO
 FONTE: BAM SOLDAS, APOSTILA DE SOLDER (2011)

Dentro do que se busca para obter a solda, esta a questão e a preocupação em proteger o operador, por isso a tensão elétrica para realizar a solda tem que ser baixa, pois caso contrário seriam necessários inúmeros sistemas para que o operador pudesse manipular o equipamento sem sofrer acidentes.

No circuito elétrico a corrente de entrada da rede é transformada em altíssima corrente para o funcionamento do processo, e tensões baixas a fim de proteger o operador (BARROSO, 2004, p.7).

Os transformadores, ainda possuem um sistema de refrigeração, onde por dentro do mesmo, circula água refrigerada para poder manter a alta produtividade, pois o calor gerado por este é tão grande que o mesmo não suportaria mais que alguns pontos de solda antes de danificar.

2.2.2.4 Consumíveis

Para que ocorra a solda a ponto, é necessário que a corrente passe através das chapas e uma força deve ser aplicada antes, durante e após a aplicação dessa corrente, utilizando como apoio os eletrodos de cobre que também são conhecidos por capas de eletrodo (BRANCO, 2011, p.2), estes por sua vez, devem suportar as temperaturas, em função disso tem a necessidade de se ter um trocador de calor, no caso circuito de refrigeração, que normalmente está ligado ao mesmo circuito de refrigeração do transformador, e estes eletrodos também precisam resistir à força aplicada sem se deformarem, pois caso contrário haveria um aumento da área de contato e conseqüentemente dissipação maior da corrente de solda.

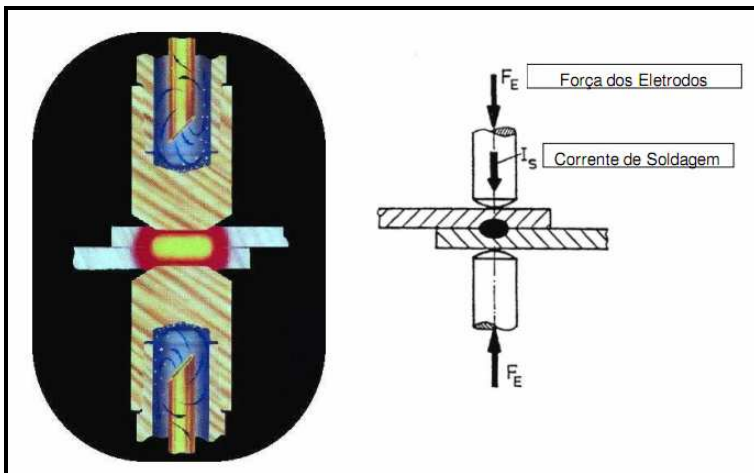


FIGURA 12 – SOLDAGEM A PONTO
FONTE: BRANCO – SOLDAGEM POR RESISTÊNCIA

Os eletrodos de solda precisam para a aplicação de soldagem a ponto, serem bons condutores térmicos e de eletricidade, possuir dureza em temperaturas elevadas, possuir alta resistência a tempera e alto ponto de fusão, além de boa usinabilidade e conformidade (BRANCO, 2011, p.1), estes são recambiáveis em função da sua aplicação e normalmente se busca elevar sua vida útil, pois seu consumo é um dos maiores custos dentro desse processo.

Existem várias composições para os eletrodos de solda a ponto, porém os mais conhecidos são regidos pelas norma RWMA (Resistance Welding Manufacturing Alliance), e algumas dessas ligas e características são descritas na figura 13.

Classe RWMA	Descrição	Condutividade de (I.A.C.S.)	Dureza (HB)	Mecanismo Endurecimento
RWMA 1 (Classe 1)	Cobre – Zircônio CuZr (0,15% Zr)	90 %	70 HB	Precipitação
RWMA 2 (Classe 2)	Cobre – Cromo CuCr (1% Cr)	85 %	83 HB	Precipitação
RWMA 2 (Classe 2)	Cobre Cromo Zircônio CuCrZr (1% Cr 0,25% Zr)	85 %	83 HB	Precipitação
RWMA 20 (Classe 20) Al-60	Cobre Resistente por Dispersão CuAl ₂ O ₃ (1,1% Al ₂ O ₃)	85 %	75 HB	Dispersão

FIGURA 13 – CARACTERÍSTICA DOS ELETRODOS SEGUNDO RWMA
FONTE: BRANCO – SOLDAGEM POR RESISTÊNCIA

Os eletrodos são os principais responsáveis pela qualidade final do processo, tanto da resistência mecânica da solda quanto da sua aparência e possíveis imperfeições que possam vir a ter como resultado final, pois se este não mantiver uma superfície padronizada ao longo das soldas, irá afetar diretamente os resultados do processo (BARROSO, 2004, p.13).

“As capas de eletrodos são um dos componentes mais importantes nos processos de solda a ponto. A qualidade final do ponto de solda depende muito do estado da capa de eletrodo durante o processo de soldagem. Para que isso ocorra, os materiais das capas de eletrodo utilizadas em solda a ponto devem ter condutividades elétricas e térmica suficientemente altas e resistência de contato suficientemente baixa para prevenir o aquecimento excessivo da superfície das chapas...” (BRANCO, 2004, p.42).

Um dos métodos aplicados para a se manter o bom funcionamento e geometria correta dos eletrodos ao longo do processo, é a troca, processo de limagem ou ainda a fresagem dos mesmos (BRANCO, 2004, p.48-52), este último processo é o mais aplicado em sistemas automatizados que utilizam as pinças de solda presas em robôs, pois entre 50 e 100 pontos de solda realizados por uma pinça de solda, acontece a perda de dureza em função do aumento da temperatura, acima dos 50 pontos nas chapas galvanizadas, normalmente matéria prima básica aplicada na carroceria dos automóveis para ganho de qualidade da vida útil do tratamento de pintura contra a oxidação, ocorre a formação de uma camada de latão da face dos eletrodos a partir do aumento da pressão e da temperatura (BRANCO, 2004, p.46-47).

Em se tratando de uma linha robotizada onde este trabalho esta sendo executado, abaixo será comentado um pouco mais sobre a fresagem, pois ela irá fazer parte importante da solução dos problemas de splash de solda.

A utilização de fresadoras de eletrodos no processo de soldagem (Fig. 14), trás grandes benefícios para o processo de solda, pois quando executado no momento correto, permite a redução de parâmetros de soldagem e conseqüentemente menor

consumo de energia elétrica, melhoria na qualidade do ponto de solda bem como um consumo menor deste consumível do processo. Uma das finalidades é garantir a utilização do eletrodo ao máximo, sendo que se aplica a fresagem do eletrodo até o ponto em que o mesmo se torna inútil para a aplicação na solda (BAM SOLDAS, p. 92).

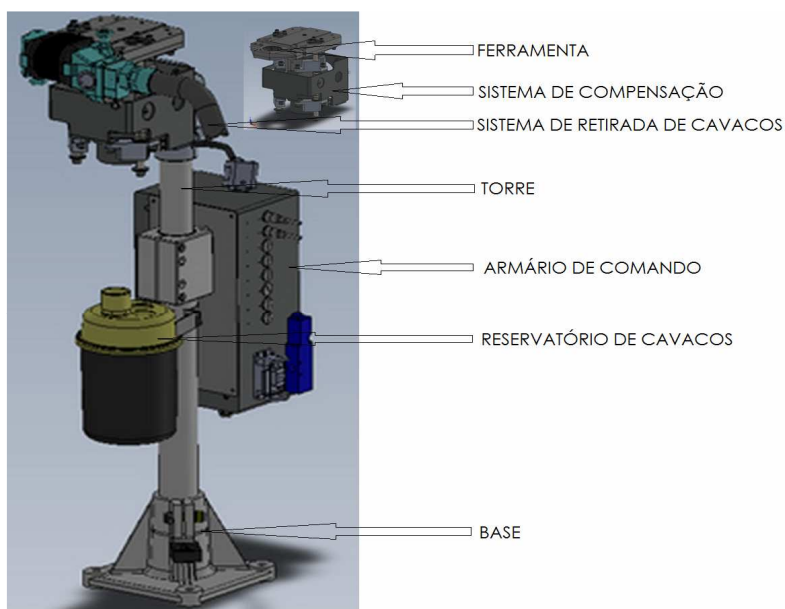


FIGURA 14 – FRESADORA ESTACIONÁRIA
FONTE: LUTZ (2013)

2.2.2.5 Controlador de Solda

Dentro do conceito de equipamento, Barroso (2004, p.7), a unidade de controle de solda, é o principal componente dentro do processo de solda a ponto, pois ele tem a principal função de regular todos os parâmetros dentro da soldagem, sendo os principais já vistos acima, força de soldagem, corrente de soldagem e tempo de duração das soldas, ainda segundo Branco (2004, p. 33 – 34), nem todos os controladores possuem funções específicas no que tange o tempo de soldagem, pois em alguns casos é necessário de intervalos entre uma solda e outra, e para tanto se faz

necessário controladores com funções específicas e aplicado quando em processos em série.

Como visto anteriormente, o controlador de solda é um dos componentes básicos para se obter a solda por resistência, normalmente estes são montados em armários, para melhor acondicionamento, estes armários são compostos do controlador de solda, disjuntor, grupo compacto de potência (conjunto SCR - Silicon Controlled Rectifier ou Retificador Controlado de Silício), sistema de tratamento de ar, válvula proporcional, sensor de fluxo de água e de ar e apresentados na figura 15 (FASE-GME, 2013).

Os armários mais simples possuem o painel de controle com potenciômetros para se obter apenas recursos básicos, porém os mais modernos possuem comandos micro processados que permitem uma quantidade muito maior de regulagens (BARROSO, 2004, p.7), com isso o responsável pelos parâmetros tem uma gama alta de possibilidades para garantir a uma solda com grau de qualidade mínimo.



FIGURA 15 – ARMÁRIO PARA SOLDA POR RESISTÊNCIA
FONTE: FASE-GME (2013)

2.2.2.6 Parâmetros

Os parâmetros de solda, são um conjunto de informações que devem ser fornecidas ao controlador de solda para se concretizar a união das chapas, basicamente são força de união, corrente de solda e tempo de solda, os valores certos fornecidos serão os responsáveis por uma boa ou má qualidade da união (MZ Usinagem, 2006, p.11).

O procedimento de consiste basicamente em definir no controlador de solda, os valores que atendam as especificações de engenharia para um tamanho mínimo de um ponto de solda para determinada resistência mecânica e aspecto visual que se busca atingir, o controlador também analisa os dados de vazão de água de refrigeração e,

pressão de ar para garantir que os valores inseridos estejam dentro do que foi preconizado (BRANCO, 2004, p.74).

Para garantia de que o controlador de solda está enviando as informações corretas, são utilizados equipamentos de medição para poder calibrar os parâmetros enviados e recebidos, estes equipamentos medem as correntes de solda através de um mega amperímetro (fig. 16) e a força de fechamento mecânico para realizar a junção das chapas através de um dinamômetro (fig. 17).

Através do controle rigoroso dos parâmetros, a região a ser soldada não fica submetida a um aporte térmico elevado, pois caso contrário as consequências para região da solda não seriam benéficas.

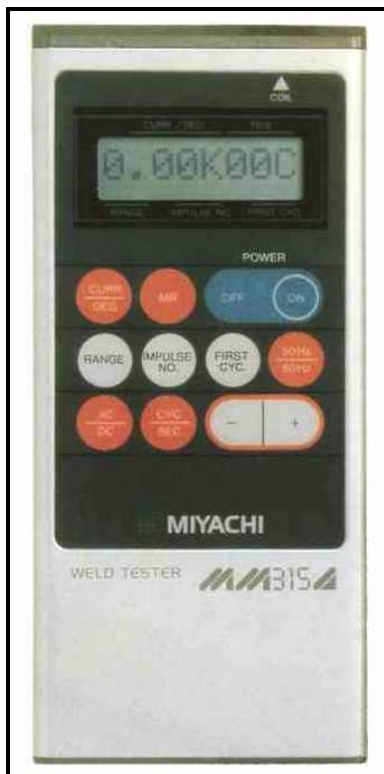


FIGURA 16 – MEDIDOR DE CORRENTE
FONTE: BRANCO – SOLDAGEM POR RESISTÊNCIA

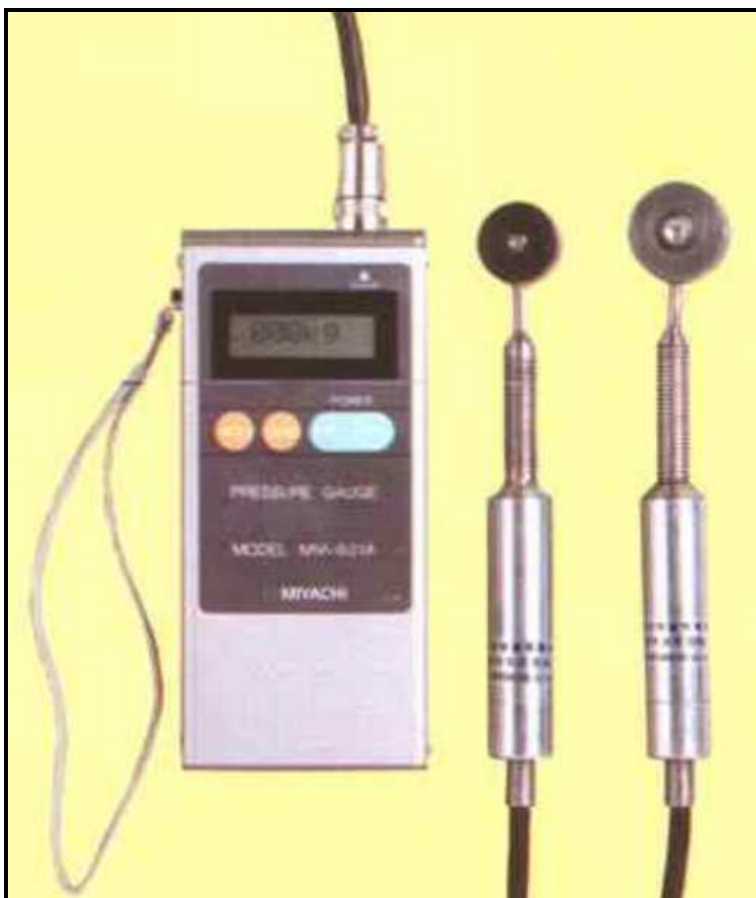


FIGURA 17 – MEDIDOR DE PRESSÃO
FONTE: BRANCO – SOLDAGEM POR RESISTÊNCIA

Ainda dentro da resistência final da solda a ponto, é apresentada através da figura 18, a tendência de desenvolvimento da solda em função dos seus três parâmetros básico.

Para os três casos a seguir, foram sempre mantidos dois dos três parâmetros além da forma do eletrodo, assim foi verificado e anotado as características que cada uma tem em relação ao resultado final da junta (BAM SOLDAS, p. 10 - 12):

a) tempo de solda – partindo de um tempo baixíssimo, o pesquisador foi elevando gradativamente o tempo de aplicação de corrente, ao final da amostra 12 pode-se observar a solda totalmente desenvolvida, assim pode-se identificar a evolução em função do tempo, o interessante da imagem das amostras, é que da amostra 4 para a amostra 5, a pequena variação fez com que se alcançasse uma variação muito

grande, isso mostra que tempos muito altos não irão ter grande influência e podem ocasionar a expulsão do material fundido para fora da junta;

b) corrente de solda – a partir de uma corrente que não formava a solda, foi realizado o acréscimo até o ponto de excesso de expulsão de material, com isso pode-se verificar pelas amostras o efeito gradativo e simétrico em função do incremento constante da corrente, onde o aumento total da solda se deu no ponto 9, diferente do aumento do tempo, assim pode-se concluir que utilizar não é possível utilizar um parâmetro intermediário para se obter a mesma qualidade de solda, sendo necessário evoluir até um ponto ideal;

c) pressão de soldagem – utilizando como base a metade de uma força normal como início dos testes e chegando até o dobro dessa mesma força normal, nota-se que a força baixa irá realizar uma solda com expulsão de material, pois a resistência entre as chapas é muito alta, o que acaba gerando uma espécie de curto circuito descontrolado, enquanto que uma força alta irá diminuir a resistência elétrica e consequentemente diminuir o efeito de aquecimento, saindo uma solda pequena e com pouca área útil e consequentemente menor resistência mecânica, fica claro pelas amostras, que a uma determinada força, posição 3, obtêm-se uma solda muito boa e o aumento gradativo não irá mudar muito as características finais, pelo contrário a tendência é a redução gradativa da área obtida;

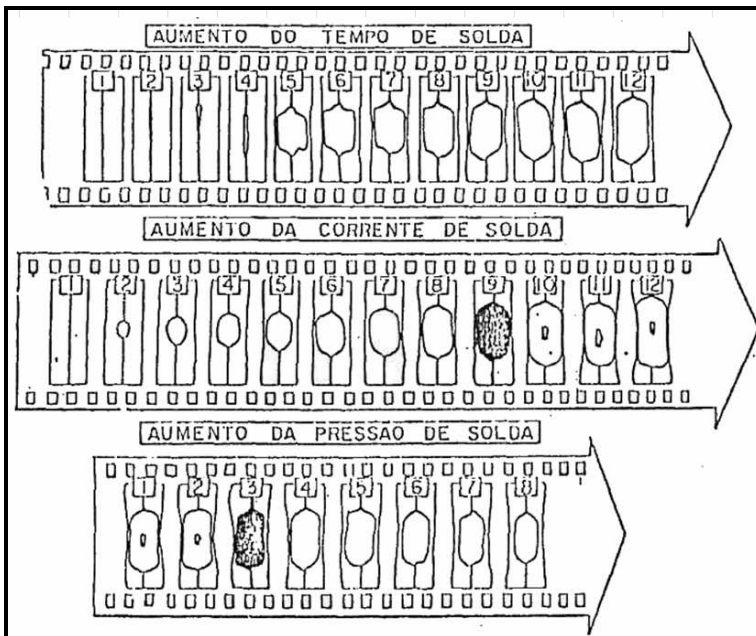


FIGURA 18 – TENDÊNCIAS DE DESENVOLVIMENTO DA SOLDA
 FONTE: BAM SOLDAS, APOSTILA DE SOLDAS (2011)

Além do tempo de solda, a outros elementos de tempo que necessitam ser considerados na sequencia de solda completa para obter uma junta com boa qualidade. Dentro do ciclo completo da solda a ponto, existem mais quatro estágios, que precisam ser controlados e que podem ser observados na figura 19 (BAM SOLDAS, p. 12 - 13):

d) tempo de compressão ou acostagem – tempo compreendido em que os eletrodos realizam o fechamento das chapas até o momento em que é liberado a corrente de soldagem, neste momento, em função das deformações das chapas, é necessário que a força previamente programada seja atingida, pois caso contrário poderá gerar problemas de soldagem;

e) tempo de Solda – é o tempo efetivo em que se inicia a passagem de corrente de solda até que a mesma seja cessada, neste tempo é necessário que a força de compressão seja mantida;

f) tempo de retenção – tempo após ter cessado a passagem de corrente de solda, tempo este que se faz necessário uma manutenção de força para garantir a união da junta no período de resfriamento pós-soldagem;

g) tempo de pausa – tempo no qual os eletrodos não mantêm mais contato com a peça a ser solda, este intervalo de tempo permite que a peça ou a pinça de solda seja deslocado para o ponto seguinte ou para peça seguinte;



FIGURA 19 – ESTÁGIOS DE TEMPO DE SOLDA POR RESISTÊNCIA
 FONTE: BAM SOLDAS, APOSTILA DE SOLDA (2011)

2.2.2.7 Defeitos de soldagem

É comum dentro do sistema de soldagem a ponto aparecer variações, essas variações por sua vez, acabam gerando inúmeros defeitos de soldagem, que no caso do estudo propões minimiza-las.

A influência destes defeitos está diretamente relacionada com a qualidade, custo, manutenção, e a produtividade das peças. A forma de detectar estes defeitos é através de medições teste destrutivo, inspeção visual, macrografias, testes de Ultrasom (BRANCO, 2011, cap.3, p.1).

Inúmeros são os motivos que levam aos defeitos, dentre eles estão as variações de estampagem das peças, dificuldade de acesso aos pontos em função da complexa geometria das peças, falta de refrigeração, equipamentos desgastados prematuramente, dentre outros (BRANCO, 2004, p.67). Os principais defeitos e causas prováveis estão ilustrados abaixo na figura 20.

PROBLEMAS DE SOLDA	CAUSAS PROVÁVEIS	EXEMPLIFICAÇÃO
SPLASH DE SOLDA	CORRENTE ALTA DE SOLDAGEM; PRESSÃO BAIXA ENTRE ELETRODOS; TEMPO DE COMPRESSÃO MUITO BAIXA; ÓXIDOS DAS CAMADAS DAS CHAPAS; SUJEIRA OU CAMADA DE ÓLEO SOBRE SUPERFÍCIE; ERRO DE POSICIONAMENTO DOS ELETRODOS; VARIAÇÃO DA ESPESSURA DA CAMADA DE ZINCO ;	
INDENTAÇÃO	FACES DOS ELETRODOS NÃO PARALELAS; EXCESSO DE COLA (ADESIVO); VARIAÇÃO DA JUNTA (ASSENTAMENTO ENTRE CHAPAS); ALTA CORRENTE DE SOLDAGEM; ALTA FORÇA DE SOLDAGEM; LONGO TEMPO DE SOLDAGEM;	
PONTOS DESLOCADOS	FACES DOS ELETRODOS NÃO PARALELAS; DESALINHAMENTO DOS ELETRODOS; VARIAÇÃO DAS PEÇAS DE TRABALHO; REGIÃO DA FLANGE DE SOLDAGEM PEQUENA; TRAJETÓRIAS/POSICIONAMENTO DESLOCADO; ELETRODO INAPROPRIADO; FOLGAS NO EQUIPAMENTO DE SOLDA OU ROBÔ;	
COLAGENS (ELETRODO ADERINDO A CHAPA)	FACES DOS ELETRODO NÃO PARALELAS; TEMPO DE PÓS-PRESSÃO LONGO; MATERIAL DE REVESTIMENTO INCORRETO (ZINCO); ALTAS CORRENTES DE SOLDA; BAIXA FORÇA DE SOLDAGEM; ELETRODO ERRADO;	

FIGURA 20 – TABELA DE PRINCIPAIS FALHAS DO PROCESSO DE SOLDA A PONTO
FONTE: BRANCO, 2004 – ALTERADO PELO AUTOR

Para a maioria dos defeitos, é sempre possível encontrar a solução para as dificuldades que poder aparecer na solda por resistência, para tanto, é preciso utilizar testes e inspeções destrutivas ou não, como processo de arrancamento, micro e macrografias, inspeções visuais e testes de ultrassom, estes dois últimos não necessitam que se destruam as peças, podendo a mesma ser aproveitada no processo (BRANCO, 2011, cap.3, p.1).

2.3 BENCHMARKING

Do inglês, a palavra *Benchmark* “ponto de referência” (Furstenau, 2003, p. 146) é um dos termos técnicos mais utilizados para definir as melhores soluções para os problemas, explorando geralmente os pontos positivos de outras empresas, de seus concorrentes ou até mesmo de dentro de uma mesma empresa ou corporação. Ainda segundo Slack, Chambers e Johnston (2002, p.594) “Originalmente o termo *benchmark* deriva da agrimensura onde um ‘marco’ (mark), cortado na rocha, funcionaria como ponto de referência”.

“Benchmarking: uma das ferramentas de maior utilidade para a gestão organizacional. Centrada da premissa de que é imperativo explorar, compreender, analisar e utilizar as soluções de uma empresa, concorrente ou não, diante de determinado problema, o benchmarking é uma excelente ferramenta de gestão organizacional e oferece aos que acreditarem corretamente em seu potencial alternativo que aperfeiçoam processos organizacionais, produtos e serviços.” (ARAUJO, p. 184).

O *Benchmarking* não surgiu apenas como uma comparação direta com os concorrentes, mas também como necessidade de informações e desejo de aprender rápido com as organizações não concorrentes, como corrigir problemas a todas as áreas da empresa e não somente no ramo de manufatura, mas também em serviços como hospitais e bancos e pode envolver todas as pessoas, esta é uma forma de se buscar atingir os objetivos em muitos casos com uma importante redução de custos e ganho de qualidade (SLACK; CHAMBERS; E JOHNSTON, 2002, p.594).

A competitividade no mercado nacional e principalmente mundial aumentou acentuadamente nas últimas décadas, segundo Rioux (1975, p.71) “com o desenvolvimento do capitalismo adaptado aos mercados nacionais e mundiais, onde se implantou a concorrência entre os países industriais e entre as empresas, intervêm novos fatores de crescimento”. Isto obriga as empresas e instituições a um contínuo

aprimoramento de seus processos, produtos e serviços, visando oferecer alta qualidade com baixo custo e assumir uma posição de liderança no mercado onde atua. Araújo (2001, p.184) descreve que “Esse diferencial contemporâneo, em substituição aos vigentes no passado, obriga as organizações a atentar para a necessidade absoluta, em razão da própria sobrevivência, de se adequarem a um novo paradigma.”.

Outra vantagem que se pode aproveitar dessa ferramenta, é a mudança da maneira de atingir um objetivo em um curto prazo para a melhoria de um determinado equipamento.

3 METODOLOGIA

Como foi mencionado anteriormente, o estudo de caso, estará focando no ganho de qualidade e na redução dos custos e das paradas de produção em um processo produtivo no setor automotivo.

Conforme os autores estudados, existe uma crescente busca no âmbito industrial para se melhorar a qualidade e tentar reduzir os custos dentro das indústrias em função do mercado cada vez mais competitivo, para tanto com o passar dos anos, várias ferramentas foram estudadas e desenvolvidas para este fim, sendo assim, o trabalho estará buscando o desenvolvimento de uma ficha ou modelo de controle, que permita realizar de forma mais organizada e completa os dados de parâmetros de solda dentro de uma linha robotizada, que conforme os dados levantados e que estarão sendo apresentados posteriormente, buscar com isso o ganho de qualidade e redução de paradas de linha por problemas associados aos parâmetros de solda, bem como os consumíveis do processo.

Nesse capítulo será discutida também, a proposta conceitual, o método de trabalho utilizado nesse trabalho de conclusão de curso de especialização, com base na literatura apresentada, visando à identificação das relações existentes entre a forma como são tratados os parâmetros de solda x ganhos de qualidade e redução dos custos e das paradas, também será utilizado o conhecimento técnico e a experiência do autor adquiridos há mais de quinze anos na área de manutenção industrial e manutenção de equipamentos de solda por resistência.

3.1 TIPO DE PESQUISA

A pesquisa consistirá em levantamento bibliográfico acerca de processos de produção, solda por resistência e benchmarking, contidos em manuais, livros, apostilas, planilhas de ocorrências de perda de qualidade e ocorrências de paradas de produção

para manutenção corretiva, catálogos, materiais de treinamento, anotações de aulas, além da pesquisa descritiva, que visa conforme Collis, Hussey (2005, p.24) “identificar e obter informações sobre as características de um determinado problema ou questão...”. Nesse estudo de caso sobre o ganho de qualidade no processo de solda, será apresentada a realidade dos fatos através de levantamento da perda de qualidade em função de splash de solda e das paradas para manutenção corretiva, além do excesso do uso de matérias do processo de soldas, para obter as informações dentro do método quantitativo, a fim de encontrar a melhor solução para o problema em questão, ainda conforme Collis, Hussey (2005, p.26) um método quantitativo procura coletar e analisar os dados numéricos.

3.2 ESTRATÉGIA DE ANÁLISE

Tendo em vista a pergunta de pesquisa, decidiu-se trabalhar com um método de caráter quantitativo para poder analisar os eventos de perda de qualidade e quanto tempo às paradas técnicas estão acima do limite tolerado e dificultando o desempenho da produtividade, dessa forma o estudo de caso, devidamente sustentado por pesquisa bibliográfica, documental e descritiva será à base do trabalho.

A estratégia de análise adotada nesse estudo de caso foi à comparação dos dados coletados para uma busca de solução que atendesse a demanda da empresa baseada nas distintas fontes de evidências e verificar se após uma possível solução essa dará resultado.

3.3 *DEFINIÇÃO DO MODELO DE DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA*

Em virtude do problema a ser pesquisado de forma exploratório, e que requer um estudo no contexto real, o método escolhido nesta monografia, conforme já mencionado, é o estudo de caso.

De acordo com Peron (2008, p.46) a opção pelo estudo de caso pode ser dada quando do estudo de eventos, em situações onde os comportamentos relevantes não podem ser manipulados, no caso os dados da empresa são reais e não manipulados, mas onde é possível se fazer observações diretas. Neste caso o problema de estudo, demanda tal tipo de estudo.

INSTRUMENTO DE COLETA DE DADOS

A pesquisa, que se vale, conforme Collis (2005, p.16), pode oferecer aos alunos de graduação ou especialização, a possibilidade de identificar um problema e investigá-lo de forma independente, também permite que se aplique a teoria ou analise de um problema real, visando à busca de dados relacionados ao problema de pesquisa.

Foram consultados os seguintes documentos: Relatório da evolução mensal dos retrabalhos do setor de pintura (RLIN PINTURA) vindos do departamento de carroceria, paradas técnicas para manutenção, consumo de eletrodos e Porta eletrodos, além de catálogos e conversas informais com técnicos e supervisores.

A fase de pesquisa documental se iniciou na área de produção seguindo para área de engenharia.

4 ANÁLISE E APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

4.1 ANÁLISE DOS DEFEITOS NO SETOR DE PINTURA POR INCIDÊNCIA DE SPLASH

Durante a coleta de dados, optou-se em pegar os dados do setor de pintura, com relação ao indicador RLIN PINTURA dos primeiros cinco meses de produção deste ano e antes do início das alterações técnicas que se deu posteriormente, bem como as paradas de linha e o consumo dos materiais aplicados na solda neste mesmo período.

Como se pode observar no gráfico 1, onde se apresentam os dados dos defeitos dentro da linha de pintura, na última semana de Julho foram 1663 eventos e no mês 4937 eventos. As falhas por projeções ou splash de solda estão entre os principais motivos de retrabalho, sendo os valores proporcionais apresentados em porcentagem e pegando apenas os 6 principais eventos, onde as projeções de solda estão aparecendo três vezes entre eles, os dados compreendem o período entre Fevereiro de 2013 a Junho de 2013, além do histórico dos anos de 2011 e 2012, identificou-se uma oscilações dos retrabalhos, onde se tem mês a mês a somatória geral das ocorrências por veículo que ocorreram neste período.

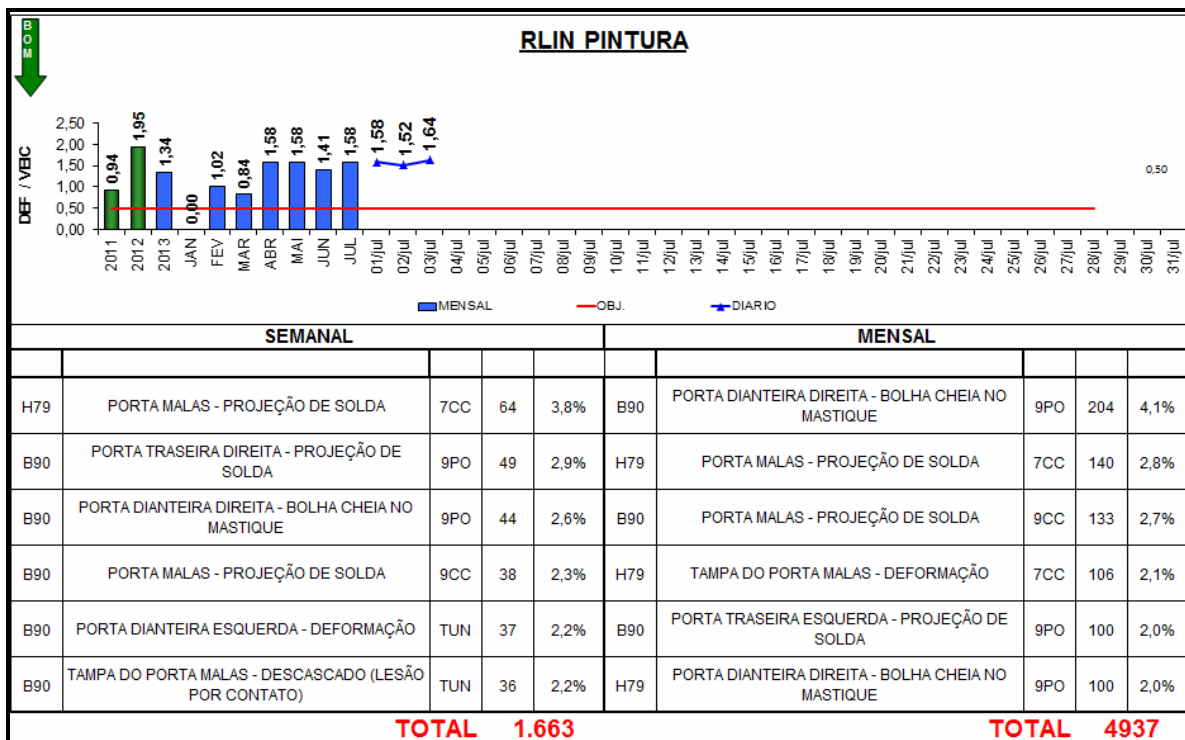


GRÁFICO 1 – RETRABALHOS LINHA DE PINTURA COMPLETO (RLIN PINTURA)
 FONTE: O AUTOR (JUNHO 2013)

Dentro das metas do setor de Pintura, tem-se como objetivo receber do setor de carrocerias, apenas 0,5 eventos de retrabalho por carroceria, porém o que se apresenta para o acumulado do ano de 2013 até final de Junho é uma média acumulada de 1,34 eventos, o que está bem acima do que deveria ser o ideal, comparando com o objetivo estipulado de 0,5 eventos (dados fornecidos pela empresa), ou seja, as ocorrências estão com um acréscimo de 0,84 eventos a mais por carroceria, o que representa um valor acima de 160% em relação ao que realmente deveria acontecer, e parte disso está ligado aos eventos de projeção de soldas aderidas na carroceria, vindas do processo de soldagem na linha Robotizada.

Sendo assim, o objetivo para se alcançar um valor satisfatório, é de reduzir em pelo menos 50% os valores ligados a incidência de splash, lembrado também, que as carrocerias antes de ir para o departamento de Pintura, passam por vários retrabalhos de lixamento que demandam tempo, custo com mão de obra, lixas e equipamentos de lixamento que não tem seus valores descritos neste estudo.

Para o item qualidade relacionado a splash de solda, verificou-se que as fichas de controle de parâmetros de solda, figura 21, não abrangem ponto por ponto de solda da carroceria, pois a ficha é genérica e corresponde a uma quantidade pequena de possibilidades para se realizar alterações, porém são inúmeras as causas de defeitos dentro do processo (BRANCO, 2004, p.67), e nestes defeitos estão os splashes e colagens.

A ficha também não tras informações importantes referentes as espessuras de chapas e a qual ponto de solda da carroceria os mesmos estão realizando a solda, quando ocorre um problema de solda, não existe um mapeamento claro para realizar as alterações necessárias.

Ainda quando se necessita realizar a alteração de um ponto de solda, o responsável de solda fica condicionado a poucas variáveis, uma vez que os programas de trajetórias de robôs e controle de parâmetros estão interligados a mais de um modelo de carroceria, teoricamente essas carrocerias são iguais, mas na prática, elas são confeccionadas em dispositivos de geometria diferentes, esses dispositivos por sua vez, possuem pequenas variações e que na somatória final, acabam gerando pequenas variações entre os modelos fabricados. Aplicando a experiência adquirida pelo autor em outra empresa do mesmo seguimento, busca explorar as possibilidades de melhoria através de uma boa prática de outra organização ou concorrente para a busca do aperfeiçoamento de processos (ARAUJO, p. 184).

FICHAS DE PARÂMETROS DE SOLDA POR RESISTÊNCIA										carroceria		
OPERAÇÃO			MATRICULA				MÁQUINA					
			PINÇA		MATRICULA	TIPO	ELETRODO FIXO	ELETRODO MÓVEL				
					X	RETO	CURVO					
TOLERANCIA												
INTENSIDADE DE CORRENTE						+/- 200 A						
FORÇA DE FECHAMENTO						< 300 daN = +/-10%						
DEFASAGEM DE PROGRAMA												
		NIVEIS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	INCREMENTO (A/%)											3%
	NUMERO DE PONTOS											150
PROGRAMAS DE SOLDA												
NºPinça	Nº Prog	Model.	Acostagem (período)	Fechamento (ms)	Tempo Solda (ms)	Pulsos	Resfriamento (ms)	Manutenção (ms)	Força (daN)	Corrente (kA)	Type Pulse	
X27	1	B/L/H	0	16	240	1	0	16	190	11,4		
X27	2	B/L/H	0	16	260	1	0	16	225	11,4		
X27	3	B/L/H	0	16	300	1	0	16	258	11,4		
X27	4	B/L/H	0	16	320	1	0	16	305	12,1		
X27	5	B/L/H	0	16	120	3	2	16	350	12,5		
X27	6	B/L/H	0	16	140	3	2	16	385	12,7		
X27	7	B/L/H	0	200	200	3	2	16	450	14,0		
X27	8	B/L/H	0	100	250	3	2	16	575	13,0		
X27	21	B/L 52	0	16	240	1	0	16	200	10,5		
X27	22	B/L 52	0	16	260	1	0	16	240	10,8		
X27	23	B/L 52	0	16	300	1	0	16	275	11,0		
X27	24	B/L 52	0	16	320	1	0	16	325	11,5		
X27	25	B/L 52	0	16	120	3	2	16	375	11,7		
X27	26	B/L 52	0	16	140	3	2	16	425	12,3		
X27	27	B/L 52	0	200	200	3	2	16	575	13,0		
X27	126	TROCA										
X27	127	FRESA										
Responsável					assinatura			Tel :		Alterações		
								Contato (ramal)				
Implementação												

FIGURA 21 – FICHA DE PARÂMETROS DE SOLDA POR RESISTÊNCIA
 FONTE: O AUTOR

Com tudo, este trabalho busca sugerir um novo modelo de ficha de parâmetros e uma melhor tratativa para as trajetórias de robôs, para tanto a partir de várias discussões da área de engenharia e manutenção de equipamentos, ao qual o autor faz parte e tratando-se de um item crítico dentro do processo produtivo que envolve a qualidade final do produto, foi criado um grupo de trabalho específico para realizar tais alterações, assim nas primeiras discussões, foi definido que será realizada a abertura dos programas de trajetórias de modelo por modelo para os robôs e a criação de uma nova ficha de parâmetros que busca atingir uma possibilidade maior de informações.

Essas alterações se fazem necessário, uma vez que analisando os dados de qualidade do setor de pintura acumulados até o mês de agosto e apresentados no gráfico 2, os índices de qualidade ainda estão afetando no requisito retrabalho, comparando a evolução do primeiro semestre que era de 1,34% acumulada, este indicador esta agora em 1,39%, com tendência a aumentar até o final do período de 2013, sendo que a meta é de atingir apenas 0,5%.

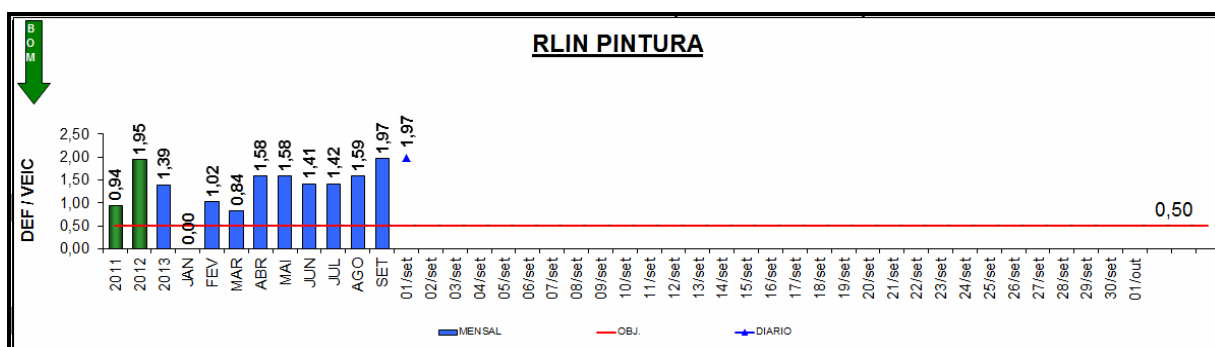


GRÁFICO 2 – RETRABALHOS LINHA DE PINTURA PARCIAL (RLIN PINTURA)
FONTE: O AUTOR (SETEMBRO 2013)

Dentro do que se busca este trabalho, esta principalmente a alteração de parâmetros de solda para ganho de qualidade, para tanto a proposta da ficha de controle de parâmetros que esta apresentada na figura 22, define ponto a ponto alguns requisitos básicos, como espessuras de chapas, tamanho da junta, nome do ponto de solda que esta relacionada a trajetória do robô, parâmetros de corrente, força, tempo e número de fresagens que o eletrodo precisa passar para manter sua geometria

constante até o final de sua vida útil, outra informação importante é que para cada modelo de veículo terá uma ficha individual, assim será possível identificar os parâmetros e alterá-los, sem que esta alteração se repita para outros modelos. Dentro dessa ficha, está sendo proposta uma coluna para inspeção de splash ponto a ponto, permitindo assim que qualquer pessoa identifique qual ponto é mais crítico e que necessita de intervenção para ganho de qualidade.

Da forma como proposto, haverá um mapeamento ponto a ponto das soldas realizadas em toda a carroceria pela área robotizada onde o estudo está em implementação das alterações.

FICHA DE PARÂMETROS DE SOLDA POR RESISTÊNCIA (PROPOSTA)

LINHA:		LFR										Nº DE FRESAGENS 150		TOLERÂNCIA CORRENTE		MODELO				
ÁREA:		AG2												+/- 200 A						
OPERAÇÃO		ROBÔ H1																		
NOME DO ROBÔ		ROB																		
		RESPONSÁVEL		MOTIVO																
DATA IMPLEMENT.:		21/05/2013												INCREMENTO (A%) 3%		TOLERÂNCIA FORÇA		H 4x2		
DATA ALTERAÇÃO:																				
DATA ALTERAÇÃO:																				
DATA ALTERAÇÃO:																				
Sequência Pontos	NOME PONTO	REFERÊNCIA PONTO	Nº PONTO	Nº PROGRAMA	RESPINGO (SPLASH)	2 CHAPAS	3 CHAPAS	espess. 1	espess. 2	espess. 3	FORÇA A (daN)	INTENSIDADE E CORRENTE (A)	Acostagem (ms)	Tempo de Solda (ms)	Nº DE PULSO S	Pós pressão (ms)	Total de fresas	% Ka final da curva	% Ka final da curva	Obs
1	C01.05598-	SCSC2111453	2111453	1		X		0,7	1,2	-	190	11,4	200	240	1	200		3%	3%	
2	C01.05598-	SCSC2111454	2111454	1		X		0,7	1,2	-	190	11,4	200	240	1	200		3%	3%	
3	C01.05598-	SCSC2111455	2111455	1		X		0,7	1,2	-	190	11,4	200	240	1	200		3%	3%	
4	C01.05598-	SCSC2111456	2111456	1		X		0,7	1,2	-	190	11,4	200	240	1	200		3%	3%	
5	D03.05608-G01.05608	SCSD2111386	2111386	2		X		0,7	1,5	-	225	11,8	200	350	1	200		3%	3%	
6	D03.05608-G01.05608	SCSD2111387	2111387	2		X		0,7	1,5	-	225	11,8	200	350	1	200		3%	3%	
7	D03.05630-G01.05630	SCSD2111396	2111396	2		X		0,7	1,5	-	225	11,8	200	350	1	200		3%	3%	
8	D03.05630-G01.05630	SCSD2111399	2111399	5			X	0,7	1,2	0,7	350	12,5	400	500	2	300		3%	3%	
9	D03.05630-G01.05630	SCSD2111474	2111474	5			X	0,7	1,2	0,7	350	12,5	400	500	2	300		3%	3%	
10	D03.05635-G01.05635	SCSD2112228	2112228	5			X	0,7	1,2	0,7	350	12,5	400	500	2	300		3%	3%	
11	D03.05635-G01.05635	SCSD2112229	2112229	2		X		0,7	1,5	-	225	11,8	200	350	1	200		3%	3%	
12	D03.05700-G01.05700	SCSD2146319	2146319	2		X		0,7	1,5	-	225	11,8	200	350	1	200		3%	3%	
13	D03.05903-G01.05903	SCSD2112239	2112239	2		X		0,7	1,5	-	225	11,8	200	350	1	200		3%	3%	
14	D03.05903-G01.05903	SCSD2112240	2112240	3		X		0,7	1,5	-	260	12	200	400	2	200		3%	3%	
15	D03.05903-G01.05903	SCSD2112241	2112241	3		X		0,7	1,5	-	260	12	200	400	2	200		3%	3%	
16	D03.05903-G01.05903	SCSD2112245	2112245	3		X		0,7	1,5	-	260	12	200	400	2	200		3%	3%	
17	D03.05903-G01.05903	SCSD2112246	2112246	12			X	0,7	1,2	1	450	13	400	600	3	300		3%	3%	
18	D03.06641-G01.06641	SCSD2112251	2112251	12			X	0,7	1,2	1	450	13	400	600	3	300		3%	3%	
19	D03.06665-G01.06665	SCSD2084605	2084605	12			X	0,7	1,2	1	450	13	400	600	3	300		3%	3%	
20																				
21																				
22																				
23																				
24																				
25																				
26																				
27																				
28																				
29																				
30																				
31																				
32																				
33																				
34																				
35																				
36																				
37																				
38																				

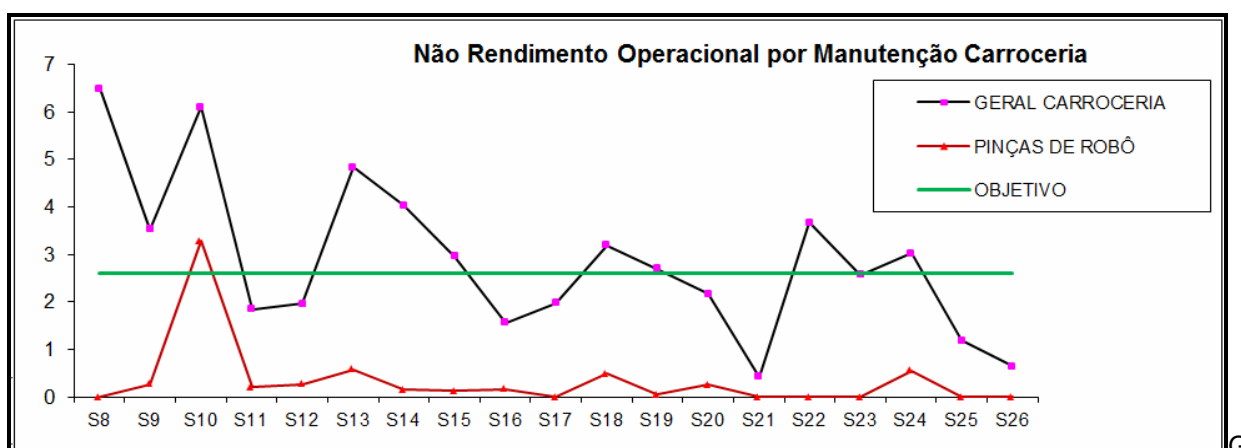
FIGURA 22 – FICHA DE PARÂMETROS DE SOLDA POR RESISTÊNCIA (PROPOSTA)

FONTE: O AUTOR (2013)

4.2 ANÁLISE DAS PARADAS TÉCNICAS PARA MANUTENÇÃO CORRETIVA

Durante a coleta de dados, optou-se em pegar os dados de paradas de produção por manutenção, da semana 08 até a semana 26 de 2013, o que representa aproximadamente o primeiro semestre.

Como se observa no gráfico 3 e que esta baseado na tabela 1, são apresentado os dados de ÑRO (não rendimento operacional) por problemas relacionados a perdas por manutenção, é possível notar que as pinças de solda para este indicador, tem influência negativa dentro dos objetivos do departamento de carroceria, ou seja, as paradas não programadas influenciam na perda de volume de carrocerias produzidas.



RÁFICO 3 – GRÁFICO ÑRO
FONTE: O AUTOR (2013)

Esta identificada que as oscilações em pinças de robôs para a solda a ponto, têm certa influência, podendo ser mais notada nas semanas S10, S13, S18 e S24. Nestas semanas as variações impactaram diretamente nos resultados, ainda para este indicador, o objetivo máximo é atingir de 2,6% por ÑRO (linha verde), porém a média do primeiro semestre esta com 2,84% (linha vermelha), dados baseados em um volume médio de 1000 carrocerias dia.

NRO - NÃO RENDIMENTO OPERACIONAL 1º SEMESTRE																				
Nº	Perda (NRO)	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17	S18	S19	S20	S21	S22	S23	S24	S25	S26
1	GERAL CARROCERIA	6,49	3,53	6,10	1,85	1,96	4,84	4,03	2,96	1,56	1,98	3,20	2,70	2,17	0,43	3,68	2,57	3,02	1,19	0,64
2	PINÇAS DE ROBÔ	0,00	0,27	3,28	0,21	0,27	0,58	0,15	0,13	0,17	0,00	0,49	0,05	0,26	0,00	0,00	0,00	0,56	0,00	0,00
3	MÉDIA SEMESTRE	2,89	2,89	2,89	2,89	2,89	2,89	2,89	2,89	2,89	2,89	2,89	2,89	2,89	2,89	2,89	2,89	2,89	2,89	2,89
4	OBJETIVO	2,60	2,60	2,60	2,60	2,60	2,60	2,60	2,60	2,60	2,60	2,60	2,60	2,60	2,60	2,60	2,60	2,60	2,60	2,60
5	PERDA CAR. POR PINÇA	0	3	33	2	3	6	2	1	2	0	5	1	3	0	0	0	6	0	0

TABELA 1 – TABELA NRO
FONTE: O AUTOR (2013)

As perdas por manutenção estão gerando aproximadamente 28 carrocerias a menos por semana e somente as pinças uma média de 3 carrocerias, baseado no preço de um veículo popular de R\$25.000,00 (CARROS10.NET, 2013), a empresa deixa de faturar na média por pinças de solda de robôs em uma semana R\$75.000,00.

Sendo assim, o objetivo para se alcançar um valor satisfatório, dentro das perdas por manutenção é de reduzir em 0,24% as paradas, como a média das paradas das pinças gira em torno de 0,34%, estes equipamentos podem ajudar para atingir os objetivos como um todo.

Outra informação obtida junto à empresa é a quantidade de eventos registrados por mil carrocerias produzidas ou FPPM (frequência de panes por mil carros), dentro desse objetivo o departamento está com 64,7 de panes a cada mil carros produzidos, sendo que o objetivo é atingir 62,5 conforme gráfico 4 e tabela 2, para tanto as pinças de solda de robôs, representam uma média de 13,5 panes para cada mil carrocerias produzidas, valores estes também compreendidos no primeiro semestre de 2013, ou seja, este valor que cabe as pinças de solda de robôs está influenciando no não atingimento desses objetivos.

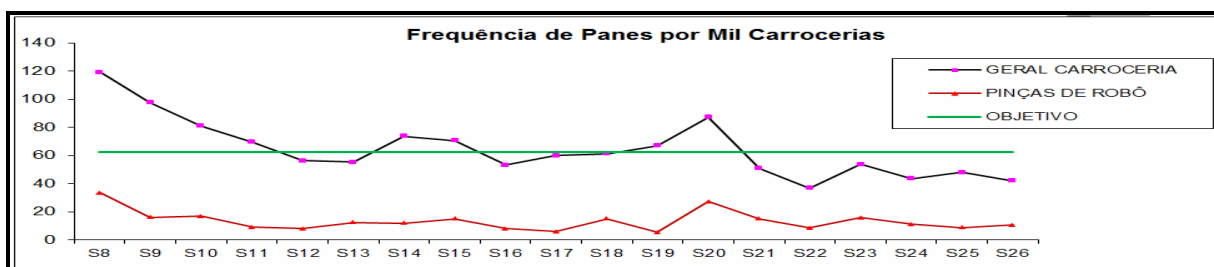


GRÁFICO 4 – FPPM
FONTE: O AUTOR (2013)

FPPM - FREQUÊNCIA DE PANES POR MIL CARROCERIAS 1º SEMESTRE																				
Nº	Perda (fppm)	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17	S18	S19	S20	S21	S22	S23	S24	S25	S26
1	GERAL CARROCERIA	119,4	97,7	81,1	69,8	56,5	55,3	73,9	70,7	53,4	60,0	61,4	67,0	87,3	51,0	36,9	53,8	43,8	48,1	42,1
2	PINÇAS DE ROBÔ	33,6	16,2	16,9	9,1	8,0	12,6	12,1	15,1	8,2	6,0	15,2	5,5	27,4	15,0	8,7	16,0	11,1	8,8	10,6
3	MÉDIA SEMESTRE	64,7	64,7	64,7	64,7	64,7	64,7	64,7	64,7	64,7	64,7	64,7	64,7	64,7	64,7	64,7	64,7	64,7	64,7	64,7
4	OBJETIVO	62,5	62,5	62,5	62,5	62,5	62,5	62,5	62,5	62,5	62,5	62,5	62,5	62,5	62,5	62,5	62,5	62,5	62,5	62,5

TABELA 2 – FPPM

FONTE: O AUTOR (2013)

Um estudo sobre as principais causas nestas pinças de solda levou ao motivo de desgaste por vida útil ou desgaste prematuro de certos componentes, além do uso excessivo de pontos dados por uma pinça entre uma manutenção e outra, sendo que a recomendação dos fabricantes, é que a cada 5 milhões de pontos dados em média, seja realizada a desmontagem completa e troca de componentes de desgastes, como mancais, buchas de deslize, vedações de cilindros, barramentos de condução de correntes elétrica, inspeção da resistência ôhmica dos transformadores de solda dentre outros.

Aplicando o mesmo conhecimento de experiências bem sucedidas, foi adaptada para a realidade deste estudo, uma planilha de cronograma de substituição de pinças de solda de robô (fig. 23), onde pelo número de pontos de solda por pinça em função do volume de carrocerias e modelos produzidos por dia, foi possível definir a cada quanto tempo uma pinça deveria ser substituída, ao contrário de uma regra que era utilizada anteriormente, onde cada pinça deveria ser substituída anualmente, essa regra fazia com que pinças que davam mais pontos por carrocerias, chegassem a mais de 10 milhões de pontos e as que davam menos pontos, não ultrapassassem a 2 milhões de pontos por ano, o que ajudava no aumento de manutenções corretivas por falta de manutenções preventivas ou trocas antecipadas sem necessidade.

Cronograma de Substituição de Pinças de Robô - Atualizado S29 - 2013																
CARROS POR DIA:												1000	Pontos Máximo por Pinça		5.000.000	
MATRICULA	NÚMERO PINÇA	POSTO	MODULO/ MODELO	PONTOS POR CARRO L	PONTOS POR CARRO B	PONTOS POR CARRO H 4X2	PONTOS POR CARRO H 4X4	CARROS POR DIA L	CARRO POR DIA B	CARROS POR DIA H 4X2	CARROS POR DIA H 4X4	PONTOS MAX	PONTOS HOJE	ULTIMA TROCA	PROXIMA TROCA	STATUS
ROB0011	133098	Pinça de Solda Robo AG0-E1 (ANTIGO AG0-B1)	AG0 - E1 - "X"	21	21	19	19	200	540	230	30	5.000.000	1.968.080	26/05/2013	25/01/14	
ROB0011	133061	Pinça de Solda Robo AG0-E1 (ANTIGO AG0-B1)	AG0 - E1 - "X"										saiu com 6.287.360			
ROB0012	133097	Pinça de Solda Robo AG0-E2 (ANTIGO AG0-B2)	AG0 - E2 - "X"	19	19	19	19	200	540	230	30	5.000.000	3.781.000	12/02/2013	02/11/13	
ROB0012	133062	Pinça de Solda Robo AG0-E2 (ANTIGO AG0-B2)	AG0 - E2 - "X"													
ROB0029	133029	Pinça de Solda Robo AG0-F2 (ANTIGO AG2-D1)	AG0 - F2 - "X"	11	15	11	11	200	540	230	30	5.000.000	2.934.680	19/01/2013	02/02/14	
ROB0029	130484	Pinça de Solda Robo AG0-F2 (ANTIGO AG2-D1)	AG0 - F2 - "X"													
ROB0030	133030	Pinça de Solda Robo AG0-F1 (ANTIGO AG2-D2)	AG0 - F1 - "X"	15	15	11	11	200	540	230	30	5.000.000	3.141.000	17/01/2013	10/01/14	
ROB0030	130487	Pinça de Solda Robo AG0-F1 (ANTIGO AG2-D2)	AG0 - F1 - "X"													
ROB0013	133099	Pinça de Solda Robo AG1-A1 (ANTIGO AG1-D3)	AG1 - A1 - "X"	13	13	19	24	200	540	230	30	5.000.000	1.809.330	29/04/2013	03/04/14	
ROB0013	133033	Pinça de Solda Robo AG1-A1 (ANTIGO AG1-D3)	AG1 - A1 - "X"										saiu com 7.000.000			
ROB0014	1300473	Pinça de Solda Robo AG1-A2 (ANTIGO AG1-D4)	AG1 - A2 - "X"	7	7	13	15	200	540	230	30	5.000.000	577.540	24/06/2013	25/01/15	
ROB0014	133034	Pinça de Solda Robo AG1-A2 (ANTIGO AG1-D4)	AG1 - A2 - "X"										saiu com 6.034.000			
ROB0015	130476	Pinça de Solda Robo AG1-A3 (ANTIGO AG1-D5)	AG1 - A3 - "X"	20	20	22	22	200	540	230	30	5.000.000	2.523.960	29/04/2013	28/12/13	
ROB0015	133035	Pinça de Solda Robo AG1-A3 (ANTIGO AG1-D5)	AG1 - A3 - "X"										saiu com 7.000.000			
ROB0016	133036	Pinça de Solda Robo AG1-A4 (ANTIGO AG1-D6)	AG1 - A4 - "X"	20	20	22	22	200	540	230	30	5.000.000	3.426.840	16/03/2013	14/11/13	
ROB0016	130479	Pinça de Solda Robo AG1-A4 (ANTIGO AG1-D6)	AG1 - A4 - "X"													
ROB0017	133025	Pinça de Solda Robo AG1-D1 (ANTIGO AG1-F1)	AG1 - D1 - "X"	11	14	14	14	200	540	230	30	5.000.000	6.244.400	21/05/2012	29/05/13	TROCA
ROB0017	130470	Pinça de Solda Robo AG1-D1 (ANTIGO AG1-F1)	AG1 - D1 - "X"													
ROB0018	133026	Pinça de Solda Robo AG1-D2 (ANTIGO AG1-F2)	AG1 - D2 - "X"	13	14	14	14	200	540	230	30	5.000.000	5.602.800	20/07/2012	17/07/13	TROCA
ROB0018	133096	Pinça de Solda Robo AG1-D2 (ANTIGO AG1-F2)	AG1 - D2 - "X"													
ROB0019	133027	Pinça de Solda Robo AG1-D3 (ANTIGO AG1-F3)	AG1 - D3 - "J"	7	12	15	15	200	540	230	30	3.000.000	2.120.400	03/03/2013	12/11/13	
ROB0019	132538	Pinça de Solda Robo AG1-D3 (ANTIGO AG1-F3)	AG1 - D3 - "J"													
ROB0020	133028	Pinça de Solda Robo AG1-D4 (ANTIGO AG1-F4)	AG1 - D4 - "J"	7	12	15	15	200	540	230	30	3.000.000	577.220	12/07/2013	23/03/14	
ROB0020	132533	Pinça de Solda Robo AG1-D4 (ANTIGO AG1-F4)	AG1 - D4 - "J"													

FIGURA 23 – CRONOGRAMA DE SUBSTITUIÇÃO DE PINÇAS DE ROBÔ
 FONTE: O AUTOR (2013)

Com a implementação da Planilha, foi possível identificar que as pinças do modelo tipo “J”, sofriam um desgaste maior que as pinças dos modelos tipo “X”, assim foram alteradas as regras para troca desses modelos, ao invés de 5 milhões de pontos, foram redefinidas que a cada 3 milhões deveria ocorrer a substituição, no entanto duas pinças em especial, em função de aberturas grandes das chapas e a necessidade de parâmetros mais agressivos, estas foram reduzidas para apenas 2 milhões de pontos. O cronograma foi feito em uma planilha do Excel e permite que toda vez que seja realizado sua abertura, a mesma por fórmulas e condições, permite avisar por cores, quais pinças estão a ponto de serem substituídas ou que já ultrapassaram o limite de pontos.

4.3 ANÁLISE NO CONSUMO ELETRODOS DE SOLDA

Dando continuidade a análise quantitativa, foi possível levantar alguns valores referentes aos primeiros 6 meses de produção, em se tratando de pinças de solda para robôs, os eletrodos de solda utilizados no processo, são os que têm o maior custo.

O gráfico 5 apresenta o consumo dos materiais aplicados para a manutenção do sistema de solda, os mesmos foram divididos em três grupos, os eletrodos, porta eletrodos e matérias gerais de manutenção sendo: braços, válvulas, condutores de correntes, conexões, capas de proteção, etc. A instalação em questão possui 40 pinças de solda de robôs, sendo que o custo médio por pinça de solda para os eletrodos ficou em R\$1.468,00, para os porta eletrodos em R\$209,00 e os materiais gerais em R\$318,00, assim foi possível verificar que o principal custo do processo de solda esta nos eletrodos, que representam aproximadamente 73,6% do custo total. A empresa tem como referência o custo por veículo, dessa forma o gráfico 6 trás os mesmos consumos, porém equiparado com relação ao custo por veículos destes mesmos materiais.

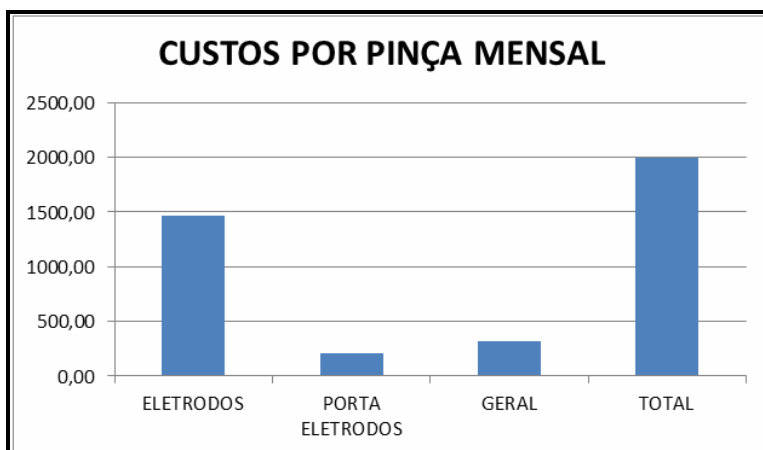


GRÁFICO 5 – CUSTO POR PINÇA MENSAL (R\$)
 FONTE: O AUTOR (2013)

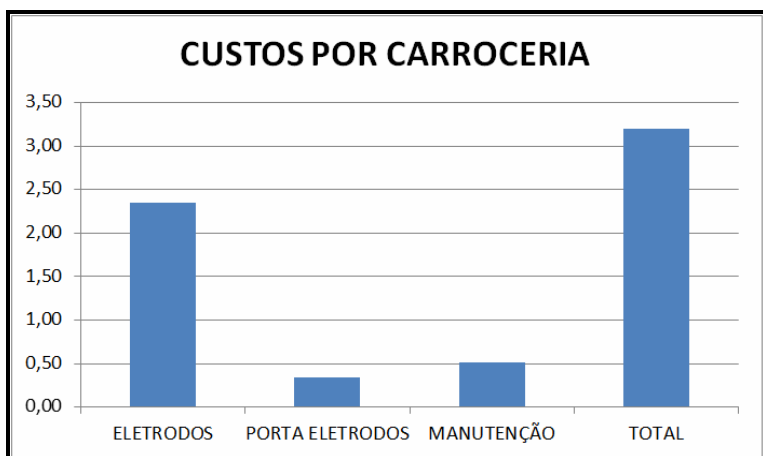


GRÁFICO 6 – CUSTO POR CARROCERIA (R\$)
 FONTE: O AUTOR (2013)

Com base nos valores apresentados, foi realizada uma previsão de redução dos parâmetros de soldagem em aproximadamente 30%, buscando assim uma redução nos índices de splash de solda e consequentemente nos custos com os materiais do processo.

Através da troca de experiências com as pessoas da equipe e em especial o supervisor de manutenção, se buscou atingir um resultado satisfatório dentro do que foi previsto e conforme sugere Shingo (1996, p.89), estes resultados podem ser quase que de forma imediata e sem muitos erros, pois através de parcerias e soluções que deram certo através de um processo de aperfeiçoamento anterior realizado, alcançando possíveis soluções.

De forma experimental, foi realizado testes dentro de uma parte da linha robotizada, englobando 12 dos 40 robôs onde este trabalho prevê as alterações.

De posse de alguns parâmetros previamente discutidos, dentre eles o principal foi o número de fresagens por pontos de solda realizados, isso já em função das análises direcionarem para que as fresagens pudessem ser reduzidas para se atingir melhores resultados (BRANCO, 2004, p.46-47) / (BAM SOLDAS, p. 92), as áreas de manutenção, engenharia, produção e qualidade, se envolveram para que os testes não comprometessem o processo produtivo e muito menos a qualidade. Após as alterações, sendo dois robôs por dia, foram testadas várias peças de forma intercaladas, para garantir as curvas de desgaste, desde o início da troca de eletrodo até o final da vida útil do mesmo, a empresa utiliza métodos de testes destrutivos e não destrutivos, entre eles o ultrassom.

Para efeito de informação sobre as alterações, foi efetuado a comunicação verbal entre os envolvidos e preenchido as fichas de acompanhamento que já eram utilizadas dentro do processo de qualidade assegurada.

Dessa forma a partir de cada alteração, foram iniciados os testes de qualidade, complementando com o monitoramento periódico, como já é realizado dentro do processo.

Para facilitar este processo de mudança e obter a cooperação de todos, foi realizado de maneira informal, buscando a parceria acima de tudo, um diálogo com as equipes de todos os turnos e que normalmente podem atender a possíveis desvios, explicando a importância de se buscar a melhoria continua dentro do processo, além dos benefícios que este traria a empresa e a todos os colaboradores de uma forma geral.

A tabela 3 a seguir, demonstra apenas os valores de parâmetros de fresagem, antes e depois das alterações, bem como o ganho no número de pontos de solda que cada eletrodo apresentou, sendo que em uma média geral, foi possível aumentar o rendimento acima de 60% na utilização dos eletrodos, no caso do estudo, o maior custo dentro do processo.

Um reflexo depois das alterações e que infelizmente ainda não foi obtido, foram na redução dos splashes de solda e das paradas para manutenção, porém a equipe está

se encontrando semanalmente para discutir e buscar implementar as melhorias já apontadas.

GANHO COM AJUSTES DE PARÂMETROS DE SOLDA

ÁREA	ROBÔ	NÚMERO DE PONTOS				NÚMERO DE FRESAGENS	PONTOS POR FRESAGEM	TOTAL PONTOS POR ELETRODO	PRESSÃO	TEMPO (ms)	VEÍCULOS POR TROCA	NÚMERO DE FRESAGENS	PONTOS POR FRESAGEM	TOTAL PONTOS POR ELETRODO	PRESSÃO	TEMPO (ms)	VEÍCULOS POR TROCA	GANHO
		H	B	L	MÉDIA	ORIGINAL					APÓS ALTERAÇÕES							
CSF	B3	14	14	14	14	25	250	6250	200		446	40	250	10000	120	30	714	60%
	B4	14	14	14	14	25	250	6250	200		446	40	250	10000	120	30	714	60%
	C1	18	19	21	19	25	250	6250	250		302	45	250	11250	120	30	544	80%
	C2	22	19	21	21	25	250	6250	250			45	250	11250	120	30		80%
	C3	18	18	18	18	25	250	6250	180			45	250	11250	120	30		80%
	C4	18	18	18	18	25	250	6250	180			45	250	11250	120	30		80%
	D1	24	21	21	22	25	250	6250	150		284	40	250	10000	100	30	455	60%
	D2	24	21	21	22	25	250	6250	150			40	250	10000	100	30		60%
	E1	20	14	19	18	25	250	6250	200		298	40	250	10000	120	30	476	60%
	E2	20	14	19	18	25	250	6250	200			40	250	10000	120	30		60%
	E3	21	21	21	21	25	250	6250	200			40	250	10000	120	30		60%
	E4	21	21	21	21	25	250	6250	200			40	250	10000	120	30		60%

TABELA 3 – GANHO COM AJUSTES DE PARÂMETROS DE SOLDA

FONTE: O AUTOR (2013)

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo teve como objetivo através da metodologia do estudo de caso e de forma quantitativa, identificar uma solução para reduzir os problemas de qualidade bem como as paradas de processo de produção em uma montadora de automóveis e o ganho no consumo dos materiais aplicados ao processo de solda por resistência.

O ponto mais importante alcançado até o momento está ligado a redução do consumo dos eletrodos, que é o principal custo levantado no processo, para este requisito o setor de manutenção possuía autonomia para realizar as alterações, porém para os demais itens, que também fazem parte do objetivo deste trabalho, ainda irá durar alguns meses, pois depende da parceria entre engenharia, manutenção e produção, para tanto como já foi dito, a equipe se encontra semanalmente até que se busque alcançar a melhora da qualidade e as reduções das paradas por manutenção. Como consequência do trabalho, a equipe pode no início de mês de Setembro realizar a fase de abertura das trajetórias para os Robôs de solda nas variadas carrocerias, o próximo passo consiste em criar um parâmetro de solda para cada carroceria, trabalho este que continua ao longo de mês de Setembro e Outubro, nesta fase será realizada testes pilotos em dois Robôs que foram apontados para realizar os trabalhos, sendo que isso será estendido para os demais robôs tão logo os resultados apareçam.

Por fim, e a mais importante conclusão foi o de perceber a importância da aplicação dos conhecimentos adquiridos durante o curso de especialização e a busca da solução e de resultados obtidos em experiências realizadas por outras empresas, através do conceito de *Benchmarking*, que muitas vezes informalmente foi realizado dentro da sala de aula, sendo todo este trabalho realizado através da aplicação de uma metodologia de pesquisa científica, a qual permitiu entender como o diálogo e os ensinamentos com os colegas e professores de classe, são importantes para o crescimento profissional e também humano.

REFERÊNCIA

ADIS, Tecnología para Soldagem. **Apostila de Solda a Ponto**. 1. ed. São Paulo: Atlas, 2004.

ARAUJO, Luis César G. de. **Organização e Métodos e as Modernas Ferramentas de Gestão Organizacional**. 1. ed. São Paulo: Atlas, 2001.

ARO – WELDING TECHNOLOGIES.< <http://www.arotechnologies.com/page/home/31>>. Acesso em: 02 Jul. 2013.

ANFAVEA – Associação nacional dos fabricantes de veículos automotores – **Carta da ANFAVEA**. < <http://www.anfavea.com.br/carta.html>>. Acesso em: 18 Jun. 2013.

BAM SOLDAS – Tecnologia em solda por resistência – **Apostila de solda**. 1. ed. São Paulo: 2013.

BARROZO, Luís Carlos. et al. Solda por Resistência a **Ponto - Apostila de Solda a Ponto VW**. 1. Ed. São Paulo: 2004.

BRANCO, Hideraldo Luiz Osorio. **Avaliação de capas de eletrodo utilizadas na soldagem por resistência de chapas galvanizadas automotivas**. 1. Ed. Curitiba: 2004.

BRANCO, Hideraldo Luiz Osorio. **MPROC 3 - Soldagem por Resistência parte_1 a 4**. 1. Ed. Curitiba: 2011.

COLLINS, William. **Mini collins – dicionário português-inglês – inglês-português**. 2. ed. São Paulo: Siciliano, 1994.

CARROS10.NET – EMPRESA ESPECIALIZADA EM NOTÍCIAS SOBRE VEÍCULOS <<http://carros10.net/?noticias=os-10-carros-mais-baratos-do-brasil>>. Acesso em: 02 Set. 2013.

DAVIS, Mark M.; AQUILANO, Nicholas J.; CHASE, Richard B. **Fundamentos da Administração**. Tradução de: SCHAAN, Eduardo D'Agord. et al. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

ESAB – ELETRODOS REVESTIDOS OK

<http://www.esab.com.br/br/por/Instrucao/biblioteca/upload/1901097rev0_ApostilaEletrodosRevestidos.pdf>. Acesso em 24 Jun. 2013.

FASE-GME – Solda Automotiva. Disponível em <<http://www.fase-gme.com.br/site/>>. Acesso em 06 Agosto. 2013.

FÜRSTENAU, Eugênio. **Novo dicionário de termos técnicos inglês-português**. 26. ed. São Paulo: Globo, 2003.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Disponível em <<http://www.ibge.gov.br/home/>>. Acesso em: 18 Jun. 2013.

LUTZ PRECISION – **Fresadoras de capas de eletrodos**. Disponível em <<http://lutz-precision.com/br/produtos/fresadoras-estacionaria/fresadora-estacion%C3%A1ria-l7>>. Acesso em: 05 Jul. 2013.

MZ USINAGEM DE PRECISÃO - **O que é Solda Ponto**. Disponível em <<http://www.mzusinagem.com.br/especificacoes/o-que-e-solda-ponto/>>. Acesso em 01 Agosto de 2013.

REVISTA CIÊNCIAS EXATAS, UNITAU. VOL 16, N. 1, P. 47-56, 2010. Disponível em <http://periodicos.unitau.br/>>. Acesso em: 01 Ago. 2013.

RIOUX, Jean Pierre. **A revolução Industrial**. Tradução de: Waldirio Bulgarelli. São Paulo: Pioneira, 1975

SHINGO, Shigeo. **O sistema Toyota de produção**. Tradução de SCHAAN, Eduardo. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 1996.

SIGEL – MAQUINAS EQUIPAMENTOS E DESIGN. Disponível em <<http://www.sigelmaquinas.com.br/prodc.htm>>. Acesso em: 02 Ago. 2013.

SLACK, Nigel; CHAMBERS, Stuart; JOHNSTON, Robert. **Administração da Produção**. Tradução de: OLIVEIRA, Maria Teresa Corrêa de; ALHER, Fábio. 2. ed. São Paulo: Atlas S.A., 2002.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ. **Normas para apresentação de documentos científicos v. 2**: teses, dissertações, monografias e outros trabalhos acadêmicos. 2. ed. Curitiba, 2007

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ. **Normas para apresentação de documentos científicos v. 3**: citações e notas de rodapé. 2. ed. Curitiba, 2007

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ. **Normas para apresentação de documentos científicos v. 4**: referências. 2. ed. Curitiba, 2007

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ. **Normas para apresentação de documentos científicos v. 5**: relatórios. 2. ed. Curitiba, 2007

GLOSSÁRIO

<i>e-mail</i>	– termo da língua inglesa, que significa “mensagem eletrônica”.
<i>Benchmarking</i>	– termo da língua inglesa, que significa “melhores práticas”
splash	– termo da língua inglesa, que significa “respingo”
Excel	– programa de planilha eletrônica